locktronics

Elektrizität leicht gemacht

Einführung in Motoren und Generatoren

LK8821

www.matrixmultimedia.com

Copyright © 2009 Matrix Multimedia Limited

Inhalt

Motoren und Generatoren

Arbeitsblatt 1 - Motorprinzip	3
Arbeitsblatt 2 - Der Elektromotor	5
Arbeitsblatt 3 - Generatorprinzip	7
Arbeitsblatt 4 - Erzeugung von Elektrizität	9
Arbeitsblatt 5 - Transformatorprinzip	11
Arbeitsblatt 6 - Transformatoren in der Praxis	13
Arbeitsblatt 7 - Einweggleichrichter	15
Arbeitsblatt 8 - Graetz-Schaltung	17
Arbeitsblatt 9 - Die Zener-Diode	19
Hinweise für Lehrer	21
Verwendung des Picoskops	29

Über dieses Dokument:
Code: LK8821
Entwickelt für Produktcode LK7444 – Einführung in Motoren und Generatoren

Datum	Versionshinweise	Version
16.07.2010	Entwicklungsversion	LK8821-80-0
03.09.2010	Freigabeversion	LK8821-80-1

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 1
Motorprinzip

Motoren und Generatoren

Elektromotoren gibt es in allen Formen und Größen. Einige laufen mit Gleichstrom, andere benötigen Wechselstrom.

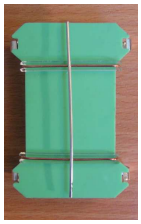
Es gibt Elektromotoren mit Bürsten, ohne Bürsten (bürstenlos), einphasige und Drehstrom-Elektromotoren, Induktions-, Synchron-, Schritt-, Servomotoren und viele mehr.

Im Auto können sie

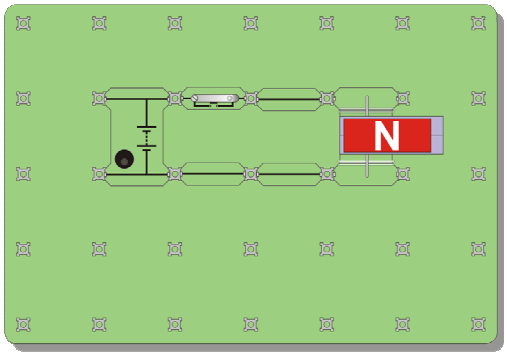
- den Motor starten
- die Fenster öffnen und schließen
- die Scheibenwischer betätigen, das Gebläse einschalten, die Pumpe in der Scheibenwaschanlage einschalten, die Radioantenne aus– und einfahren, den Fahrersitz verstellen usw. Sie können sogar ein ganzes Auto antreiben, aber bei allen liegt das gleiche physikalische Prinzip zugrunde.

Das Ziel dieses Arbeitsblatts ist, dieses Prinzip kennenzulernen.

Versuch:



- Für diesen Versuch verwenden wir den Motoreffektträger (siehe Abbildung rechts). Er ist mit zwei festen Leitern und einer beweglichen Metallstange versehen, die oben über den beiden Leitern liegt.
- Baue die in der Abbildung unten gezeigte Schaltung auf.
  Der Übersichtlichkeit halber wurde der Magnet in der Abbildung nicht direkt über die Metallstange geschoben.
  Schiebe den Magneten genau über die Metallstange, sodass die bewegliche Stange in der Mitte des Magnetfelds ist.
- Stelle die Spannung auf 3 V ein.
- Drücke den Druckschalter und beobachte, was passiert.
- Drehe jetzt den Magneten um, sodass der Südpol nach oben zeigt.
- Drücke den Druckschalter erneut.
  Was ist jetzt anders?
- Kehre die Stromrichtung um, indem du den Netzteilträger so drehst, dass das negative Ende (kurze Linie auf dem Symbol) oben ist.



- Was passiert jetzt, wenn du den Druckschalter drückst?
- Erhöhe die Spannung auf 13,5 V. Hierdurch müsste sich der Strom, der durch die Stange fließt, erhöhen.
- Kannst du einen Unterschied sehen, wenn du den Druckschalter schließt?

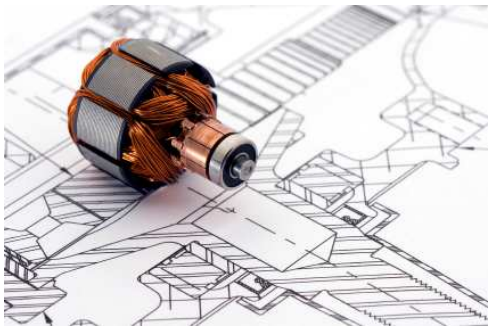
Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 1
Motorprinzip

Motoren und Generatoren

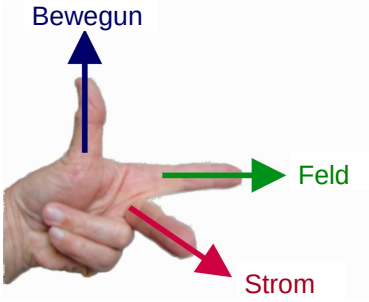
Aufgaben/Erklärungen

Hier ist die zugrundeliegende Theorie:



- Ein Strom ist ein Fluss aus Elektronen, also aus winzigen negativ geladenen „Teilchen“, die in allen Atomen anzufinden sind.
- Wenn sich Elektronen bewegen, erzeugen sie ein magnetisches Feld.
- Dieses magnetische Feld ruft eine Wechselwirkung mit dem Feld der Keramikmagnete hervor und führt zu einer Anziehung/ Abstoßung, wobei es aber im rechten Winkel zur Stromrichtung und zum Magnetfeld agiert.

Linke-Hand-Regel von Fleming:
John Ambrose Fleming dachte sich eine Methode aus, mit der abgeleitet werden kann, in welche Richtung sich ein Draht bewegen wird (auch als *Motorregel* bekannt):



Lege deine **linke** Hand um ein imaginäres Kästchen, sodass Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger alle im rechten Winkel zueinander ausgerichtet sind. Halte dann den Zeigefinger in Richtung des magnetischen Felds (vom Nord- zum Südpol) und den Mittelfinger in Richtung des Stroms (vom Pluspol des Akkus zum Minuspol). Der Daumen zeigt jetzt in die Richtung der resultierenden Bewegung.

w1a

Setze ein:

Schreibe die folgenden Sätze in dein Heft ab und setze die fehlenden Wörter in die Lücken ein. Denke hierbei an das, was du bei deinem Versuch beobachtest hast:

- Das magnetische Feld übt eine Kraft auf einen Leiter aus, der sich im ..... Winkel zur Richtung des ..... und zur Richtung der ..... befindet.
- Wenn das magnetische Feld umgekehrt wird, wird ..... umgekehrt.
- Wenn der Strom umgekehrt wird, wird ..... umgekehrt.
- Wenn der Strom erhöht wird, erhöht sich .....

Setze die fehlenden Wörter in die folgende Version von Flemings Motorregel ein:

- Halte den Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger deiner ..... Hand im ..... zueinander.
- Lass die Finger in dieser Position und bewege die Hand, bis der Zeigefinder in die Richtung des ..... (vom ..... zum .....) zeigt, und der Mittelfinger in Richtung des ..... (vom ..... zum .....) zeigt.
- Der Daumen zeigt jetzt in die Richtung der ..... .

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 2
Der Elektromotor

Motoren und Generatoren

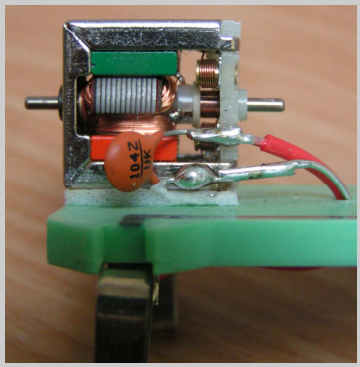
Elektromotoren bestehen in der Regel aus einer Spule, die sich im Magnetfeld eines Dauermagneten oder eines Elektromagneten dreht. Sie drehen sich, weil ein Mechanismus den Strom genau zum richtigen Zeitpunkt umkehrt. Es müssen also 2 Probleme gelöst werden:

- Es muss eine elektrische Verbindung zu einer drehenden Spule hergestellt werden.
- Der Strom muss zum richtigen Zeitpunkt umgekehrt werden.

Die Lösungen sind:

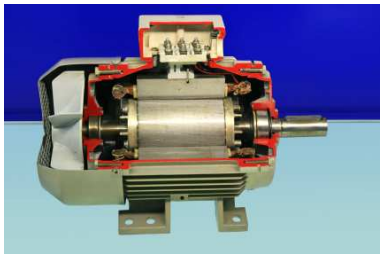
- Verwendung von Schleifringen mit einer Wechselstromspannung.
- Verwendung eines Kommutators und Kohlebürsten mit einer Gleichstromspannung.

Der Locktronics-Baukasten verwendet den zweiten dieser Ansätze.



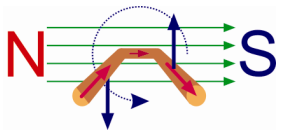
w2a

Aufgaben/Erklärungen



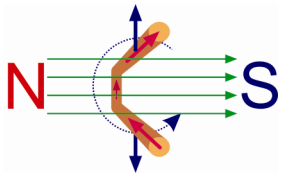
w2c

Der Elektromotor:
Die meisten Motoren drehen sich, aber wieso drehen sie sich?
Die Abbildung auf der rechten Seite zeigt eine aufgeschnittene Drahtspule, die in das Blatt Papier verschwindet. Es besteht ein magnetisches Feld von links nach rechts.



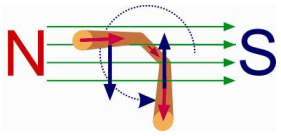
w2d

Strom fließt in das Papier auf der linken Seite der Spule und aus dem Papier auf der rechten Seite heraus. Wenn du die Linke-Hand-Regel anwendest, siehst du, dass die Seiten der Spule versuchen, sich in die durch die blauen Pfeile angezeigten Richtungen zu bewegen.
Die Folge ist, dass die Spule beginnt, sich zu drehen.
(Auf der hinteren Seite der Spule ist keine Kraft, weil der Strom parallel (nicht im rechten Winkel) zum Magnetfeld fließt.



w2e

Wenn die Spule die in der zweiten Abbildung angezeigte Position erreicht, sind die Kräfte auf den beiden Seiten auf einer Höhe, aber in entgegengesetzten Richtungen. Es liegt jetzt keine Drehwirkung mehr vor, aber das Moment trägt die Spule über diese Position hinweg.
Wir müssen jetzt den Strom umkehren, damit die Spule durch die Kräfte weiter gedreht wird, wenn sie die in der dritten Abbildung gezeigte Position erreicht.



w2f

Solange der Strom wieder zum richtigen Zeitpunkt umgekehrt wird, setzt sich die Drehung fort.
Es gibt 2 Möglichkeiten, den Strom umzukehren:

1. Verwendung von ***Schleifringen*** mit Bürsten:
   Jedes Ende der Spule wird mit ihrem eigenen vollen Messingring verbunden.
   Der elektrische Kontakt zu jedem Ring wird mit einer Kohlebürste hergestellt, die sich an die Form des Rings anschmiegt und so den Kontaktwiderstand reduziert.
   Die Spule wird mit Wechselstrom versorgt; der Strom ändert also automatisch mit der Netzspannung die Richtung.

   Das Bild zeigt eine Form eines Schleifrings.

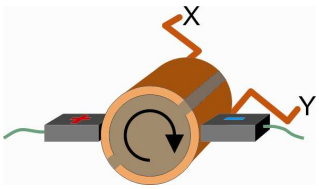
w2g

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

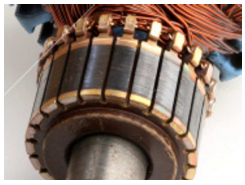
Arbeitsblatt 2
Der Elektromotor

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen

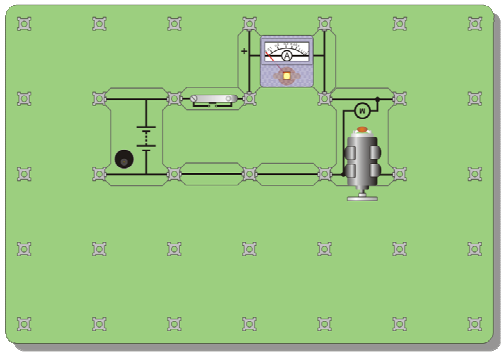


2. Verwendung eines ***Kommutators*** mit Bürsten:
   Die Abbildung zeigt den Aufbau eines einfachen Kommutators, eine Messingtrommel, die in zwei Hälften unterteilt und durch einen Isolator getrennt ist. Der elektrische Kontakt wird über Kohlebürsten hergestellt. Die Spule ist an Punkt X und Y mit den beiden Hälften verbunden. Wenn sich die Spule dreht, wird der Punkt für ungefähr die Hälfte der Zeit mit dem Pluspol der Spannung und dann mit dem Minuspol der Spannung verbunden. Der Punkt Y ist die ganze Zeit mit der entgegengesetzten Spannung von Punkt X verbunden. Die Abbildungen zeigen einen typischen Aufbau einer Kohlebürste und eines Elektromotors. Der Rotor enthält eine große Anzahl von Spulen und erfordert deshalb einen komplizierteren Kommutator.



Versuch:

Für diesen Versuch kannst du einen beliebigen der drei Locktronics-Gleichstrommotoren verwenden.



- Baue die gegenüberliegend gezeigte Schaltung mit einer 6 V-Spannungsquelle auf. Drücke den Druckschalter und beobachte den auf dem Amperemeter angezeigten Wert.
- Drücke als nächstes bei geschlossenem Druckschalter sanft auf die Welle des Motors oder gegen das Plastikrad, das daran befestigt ist, um den Motor zu verlangsamen.
  Beobachte hierbei den auf dem Amperemeter angezeigten Wert.
- Drücke den Druckschalter erneut. Drücke auf die Welle oder auf das Rad, damit sich der Motor für einen Moment nicht dreht. Beobachte hierbei wieder den auf dem Amperemeter angezeigten Wert.
- Übertrage die Tabelle in dein Heft und setze deine Messwerte ein.

Motordrehzahl	Strom in A
Maximal	
Langsam	
Null	

Aufgaben/Erklärungen

Warum ist der Strom am geringsten, wenn sich der Motor am schnellsten dreht?
Wir werden später sehen, dass eine Spule, die sich in einem Magnetfeld dreht, eine Spannung erzeugt. Je schneller sie sich dreht, desto höher wird die Spannung. Diese Spannung steht der externen Spannung entgegen, die die Bewegung erzeugt. Das ist logisch, weil wir ansonsten die externe Spannung ausschalten könnten und dann eine dauerhafte Bewegung hätten. Die Gesamtspannung, und damit der Strom, wird reduziert. Anders ausgedrückt: Wenn der Motor mehr Arbeit leisten muss und sich gegen die zusätzliche Reibung dreht, die wir durch das Drücken auf die Welle erzeugen, benötigt er mehr Strom.

Zusammenfassung:

- Wenn der Motor mehr Arbeit leisten muss, erhöht sich der Strom, den der Motor von der Stromquelle zieht.
- Wenn der Motor frei mit maximaler Drehzahl läuft, ist der Strom am geringsten, weil die drehende Spule eine Spannung erzeugt, die der externen Spannung entgegengesetzt ist.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 3
Generatorprinzip

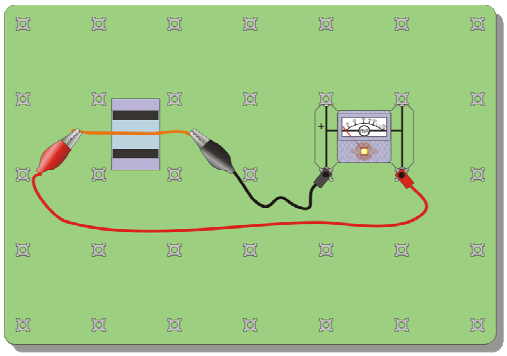
Motoren und Generatoren

w3a

Elektrische Energie ist sehr vielseitig. Wir benutzen sie, um Wärme, Licht, Bewegung und chemische Reaktionen im Auto zu erzeugen und speichern sie in der Autobatterie. Energie wird in der Regel in einem Gerät erzeugt, das als Lichtmaschine bezeichnet wird. In diesem Versuch sehen wir uns das Prinzip hinter der Erzeugung von Elektrizität an.

Versuch:

Für diesen Versuch brauchst du nur einen Magneten, ein Stück Draht und Bewegung!

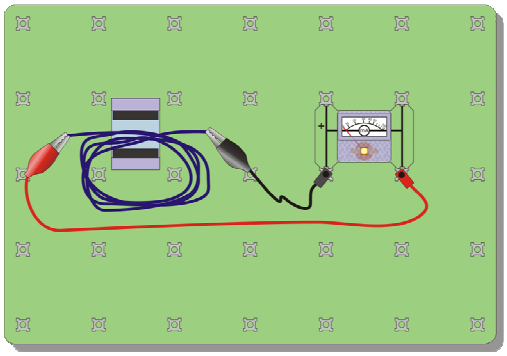

w3b

- Baue die in der Abbildung gezeigte Schaltung auf. Die erzeugte Elektrizität wird winzig sein. Wir können sie (gerade so) mit dem Locktronics-Milliamperemetermodul beobachten (wie in der Abbildung gezeigt), aber die Wirkung ist sehr klein. Alternativ kannst du ein DMM (Digitalmultimeter) verwenden, das auf die empfindlichste Gleichstromskala eingestellt ist.
  Ein Problem ist, dass beim DMM-Prozess das Eingangssignal gemessen werden muss. Wenn du den Draht im falschen Moment (zwischen den Messungen) bewegst, verpasst das Messgerät dieses Ereignis eventuell.
  Unter Umständen benötigst du mehrere Anläufe, um überzeugende Ergebnisse zu erhalten.

- Bewege den Draht so schnell du kannst im Magnetfeld zwischen den Magneten. Die Bewegung muss in die richtige Richtung erfolgen! Arbeitsblatt 1 gibt uns die notwendigen Informationen hierzu: Bewege den Draht nach unten durch das Magnetfeld – im rechten Winkel zum Feld und im rechten Winkel zur Länge des Drahts. Beobachte dabei den Wert auf dem Messgerät.

- Kehre dann die Bewegungsrichtung um und beobachte wieder das Messgerät, um zu sehen, was jetzt passiert.

- Probiere als nächstes aus, was passiert, wenn du den Draht durch eine Spule mit ungefähr 50 Drahtwindungen ersetzt. Du kannst Klebeband oder eine Büroklammer verwenden, um die Windungen zusammenzuhalten. Die Abbildung rechts zeigt dir, wie du diese Schaltung aufbauen sollst.


w3c

Oszilloskopeinstellungen:
Zeitbasis - 1s/div (X Multiplikator x1)
Spannungsbereich - Eingang A - ±100 mV Gleichstrom
(Y Multiplikator x1)
Eingang B - aus
Triggerungsmethode - Automatisch
Triggerkanal - Kanal A
Triggerrichtung - Ansteigend
Triggerschwellenwert - 10 mV

- Bewege die Spule nach oben und unten, in und aus dem Magnetfeld heraus. Beobachte dabei die auf dem Messgerät angezeigten Werte.

- Wie wirkt sich die Geschwindigkeit der Bewegung auf die Menge der erzeugten Elektrizität aus?

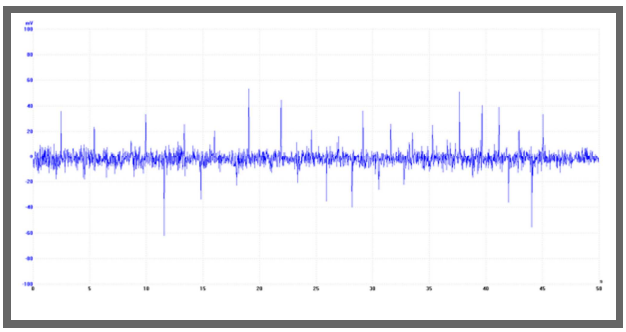
- Um diese Wirkung besser zu sehen, stelle das Oszilloskop so ein, dass es die erzeugte Elektrizität anzeigt. Ziehe die Anschlüsse zum Multimeter ab und schließe stattdessen das Stück Draht oder die Spule an den Eingang des Oszilloskops an.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 3
Generatorprinzip

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen



Laut der Ergebnisse haben der erzeugte Strom und die erzeugte Spannung

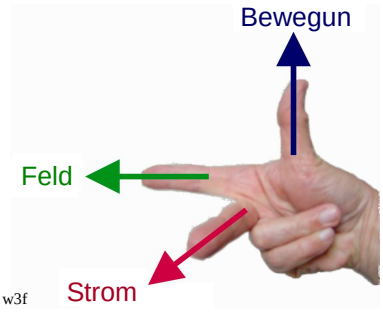
- eine **Größe**, die abhängig ist von
  - der Geschwindigkeit der Bewegung
  - der Anzahl der vorhandenen Drähte
- eine **Richtung**, die von der Richtung der Bewegung abhängt

Diese Ergebnisse können in Oszilloskopgraphen wie dem oben gezeigten gesehen werden. Die Spitzen zeigen Stromimpulse an, die durch das Bewegen der Spulen im Magnetfeld erzeugt wurden. Hierbei ist der Zeitpunkt der Messung ganz wichtig. Das System kann einige Spitzen verpassen, weil sie zwischen den Messungen auftreten. (Experimentiere mit anderen Zeitbasiseinstellungen, um zuverlässigere Ergebnisse zu erhalten.)

- Wenn du den Draht im rechten Winkel zum Magnetfeld bewegst, bewegst du dadurch auch die Elektronen.
- Wenn sich Elektronen bewegen, erzeugen sie ein magnetisches Feld.
- Dieses magnetische Feld tritt in Wechselwirkung mit dem Feld der keramischen Magneten und übt eine Kraft auf die Elektronen im rechten Winkel zur Richtung der Bewegung und zum magnetischen Feld aus.
- Diese Kraft schiebt die Elektronen von einem Ende des Drahts zum anderen und erzeugt dadurch eine Spannung und einen Strom, wenn ein elektrischer Stromkreis vorhanden ist.
- Wenn eine Drahtspule verwendet wird, erhöht sich die erzeugte Spannung und der erzeugte Strom, weil sich jede Windung in der Spule im magnetischen Feld bewegt und somit in jeder Windung Elektrizität erzeugt wird. Die Wirkung jeder dieser Windungen summiert sich und erhöht somit die erzeugte Elektrizität.

Rechte-Hand-Regel (Dynamoregel) von Fleming:

Fleming dachte sich eine zweite Regel aus, um die Richtung des erzeugten Stroms vorherzusagen. Dieses Mal verwendest du die **rechte** Hand und streckst Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger wieder in die gleiche Richtung wie vorher. Wenn der Zeigefinger in Richtung des Magnetfeldes (vom Nord- zum Südpol) und der Daumen in Richtung der Bewegung zeigt, zeigt der Mittelfinger in Richtung des daraus resultierenden Stroms. Dies ist in der Abbildung illustriert.



Diese Regel wird auch als *Dynamoregel* bezeichnet.

Setze ein:

Schreibe die folgenden Sätze in dein Heft ab und setze die fehlenden Wörter in die Lücken ein.

- Die Größe der erzeugten Spannung und des erzeugten Stroms hängt von ..... und der ..... und einer Richtung ab, die von ..... abhängt.

Dynamoregel von Fleming:

- Halte den Daumen, den Zeigefinger und den Mittelfinger der ..... Hand im ..... zueinander.
- Halte die Finger in dieser Position und bewege die Hand, bis der Zeigefinger in Richtung des ..... (vom ..... zum .....) und der Daumen in Richtung des ..... zeigt.
- Der Mittelfinger zeigt jetzt in Richtung des ..... .

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 4
Erzeugung von Elektrizität

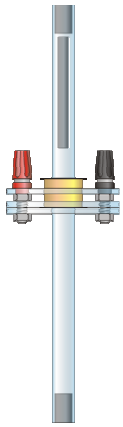
Motoren und Generatoren

w4a

Auf dem letzten Arbeitsblatt ging es um die Physik der Erzeugung von Elektrizität. Auf diesem Arbeitsblatt geht es darum. wie mehr Elektrizität erzeugt werden kann. Außerdem wird eine wichtige Anwendung vorgestellt.
Bei Kraftfahrzeugen bekommt das elektrische System seine Energie aus einer Kombination aus der Batterie und der Lichtmaschine. Die Ausgabe von der Lichtmaschine wird gleichgerichtet und geregelt und verwendet, um elektrische Energie an periphäre Geräte wie Scheinwerfer zu liefern und um die Bleisäurebatterie geladen zu halten.
An anderen Stellen ist die Wirbelstrombremse eine praktische Anwendung, die die gleichen Prinzipien verwendet, um Fahrzeuge abzubremsen, ohne sich auf eine Reibungsbremse zu verlassen.

Versuch:

1. **Erzeugung von mehr Elektrizität:**
   Wir haben gesehen, dass die Menge der erzeugten Elektrizität von Faktoren wie der Anzahl der verwendeten Windungen abhängt. Für diesen Versuch werden wir eine Spule mit 400 Windungen verwenden, die auf einer durchsichtigen Platsikröhre montiert ist, und werden dann einen Magneten durch die Röhre werfen, um zu zeigen, wie Elektrizität erzeugt wird.


LK7489

- Schließe den rechts abgebildeten Lenzsches Gesetz-Apparat an ein Oszilloskop an.
- Das Oszilloskop wird verwendet, um die Erzeugung von Elektrizität anzuzeigen. Die Einstellungen sind unten auf der Seite gezeigt.
- Tauche den Magneten in die Spulen ein und notiere das Ergebnis auf dem Oszilloskop.
- Ziehe den Magneten heraus und notiere wieder das Ergebnis.
- Tauche den Magneten schneller und langsamer in die Röhre hinein und ziehe ihn schneller und langsamer heraus. Ändert sich die Menge der erzeugten Elektrizität.

2. **Wirbelstrommagie:**
   Für diesen Versuch benötigst du ein Kupferröhrchen, indem sich zwei Projektile befinden: der Faradaysche Gesetz-Bausatz.

LK7487

- Halte das Kupferröhrchen senkrecht.
- Werfe das erste Projektil in das Röhrchen.
- Werfe jetzt das zweite Projektil in das Röhrchen. Was ist der Unterschied?
- Sieh dir die beiden Projektile an. Ein Projektil ist ein Magnet, das andere ist kein Magnet. Finde heraus, welches ein Magnet und welches kein Magnet ist. Du benötigst hierfür unter Umständen einen Gegenstand wie zum Beispiel eine Büroklammer, um dir bei der Entscheidung zu helfen.
- Welches Projektil ist schneller nach unten gefallen? Warum?

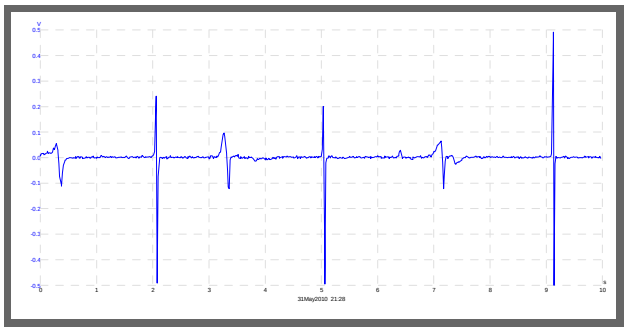
Oszilloskopeinstellungen:
Zeitbasis - 1s/div (X Multiplikator x1)
Spannungsbereich - Eingang A - ±500 mV Gleichstrom (Y Multiplikator x1)
Eingang B - aus
Triggerungsmethode - Automatisch
Triggerkanal - Kanal A
Triggerrichtung - Ansteigend
Triggerschwellenwert - 10 mV

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 4
Erzeugung von Elektrizität

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen



w4b

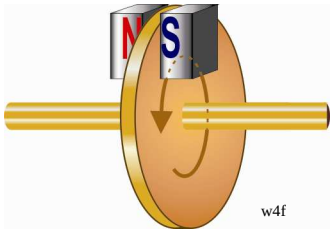
Der hier gezeigte Graph ist typisch für die Ausgabe des ersten Versuchs.

Die Spitzen zeigen Impulse des Stroms, der erzeugt wurde, als der Magnet in die Spule getaucht wurde. Diese Spitzen sind rund 10 Mal höher als im vorherigen Versuch.

Dass die Spitzen sowohl oberhalb als auch unterhalb der Mittelachse liegen, liegt daran, dass der Magnet sich zuerst an die Windungen in der Spule annähert und sich dann wieder zurückzieht, wodurch ein Strom in einer Richtung und dann in der anderen Richtung erzeugt wird.

Wirbelstrommagie

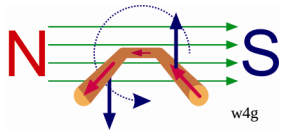
Das nicht magnetisierte Projektil tat genau das, was erwartet wurde: es fiel aufgrund der Schwerkraft nach unten. Der Magnet fiel viel langsamer, weil er zufällige Ströme im Kupferröhrchen erzeugte, während er nach unten fiel. Sein bewegliches Magnetfeld trat in Wechselwirkung mit dem Leiter, dem Kupferröhrchen, und als Ergebnis wurden Ströme erzeugt. Das zugehörige Magnetfeld setzte sich der Bewegung entgegen und bremste das Projektil somit ab.



w4f

Dieser Effekt wird in Bremssystemen für einige Busse und Züge verwendet. Zwischen den Polen eines Elektromagneten sitzt eine Scheibe, die an den drehenden Rädern des Fahrzeugs befestigt ist. Normalerweise tut die drehende Scheibe nichts. Wenn aber der Elektromagnet angeregt wird, erzeugt das daraus resultierende Magnetfeld Wirbelströme in der drehenden Scheibe. Diese Wirbelströme erzeugen ein Magnetfeld, das sich der Bewegung entgegensetzt, wodurch die Scheibe abgebremst und die Energie der Drehung in Wärme umgewandelt wird. Die Bremswirkung wird durch Änderung des Stroms zum Elektromagneten variiert. Wenn die drehende Scheibe abgebremst wird, werden die erzeugten Wirbelströme geringer, wodurch die Bremswirkung reduziert wird. Das Fahrzeug wird somit sanft abgebremst.

Der Generator:



w4g

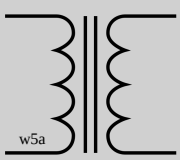
Die meisten Generatoren drehen sich; unser Ansatz ist also ähnlich dem, den wir beim Motor verwendet haben.
Die Abbildung zeigt wieder die aufgeschnittene Spule mit Draht, der in das Blatt Papier verschwindet. Es besteht ein Magnetfeld von links nach rechts.
Dieses Mal zwingen wir die Spule, sich zu drehen. Hierzu treiben wir sie zum Beispiel vom Motor des Autos an. Da sich eine Seite der Spule nach oben bewegt, während sich die andere Seite nach unten bewegt, während beide im Magnetfeld sind, fließen die erzeugten Ströme in den beiden Seiten in entgegengesetzte Richtungen, eine in das Papier, die andere aus dem Papier heraus. Anders ausgedrückt: Der erzeugte Strom fließt um die Spule herum. Wenn du die Drehrichtung umkehrst, kehrst du damit die Richtung des Stromflusses um.
Wie beim Motor kann der elektrische Anschluss zur drehenden Spule auf zwei Weisen hergestellt werden: über Kommutatoren oder Schleifringe. Wenn Kommutatoren verwendet werden, wird ein Gleichstrom erzeugt, wenn Schleifringe verwendet werden, wird dagegen ein Wechselstrom erzeugt.
In der Praxis wird unsere meiste Elektrizität anders herum erzeugt, indem das Magnetfeld in einer Drahtspule gedreht wird. Das drehende Magnetfeld könnte durch die Drehung eines Magneten erzeugt werden, wird aber oft durch einen drehenden Elektromagneten erzeugt.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 5
Transformerprinzip

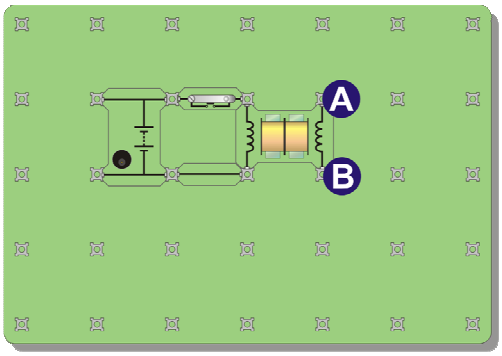
Motoren und Generatoren

Ein riesiger Vorteil, Elektrizität als Wechselstrom zu erzeugen, ist, dass wird Transformatoren verwenden können. Diese ändern das „Format“ der Stromquelle von Hoch- zu Niederspannung oder umgekehrt, ohne dabei viel Energie als Wärme zu verlieren.
Wir sehen uns das Prinzip hinter dem Transformator in vier Schritten an, wobei wir den Transformator mit den gleichen Prinzipien verknüpfen, die wir bereits beim Generator gesehen haben. Wir haben gesehen, dass ein elektrischer Strom erzeugt wird, wenn sich ein Magnetfeld an einem Leiter vorbeibewegt. Beim Transformator wird das bewegliche Magnetfeld durch einen Elektromagneten erzeugt, der mit Wechselspannung versorgt wird. Das Schaltzeichen für den Transformator, das hier zu sehen ist, zeigt uns genau, wie ein Transformator aussieht. Wir werden letztendlich einen Transformator haben, der aus zwei Spulen besteht, wobei ein „Kern“ das Magnetfeld einer Spule mit der anderen verbindet.



Versuch:

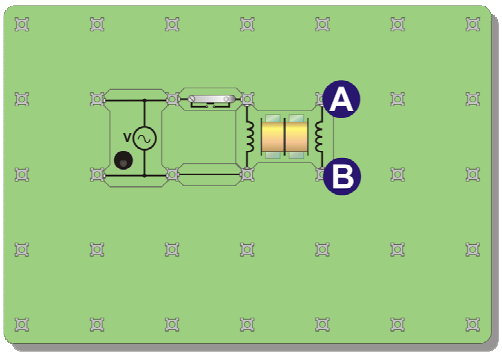
1. Schritt:- Elektromagnet, kein Magnet:



- Baue die abgebildete Schaltung mit einer 3 V-Stromquelle und einem Druckschalter auf, über den der Transformator mit den zwei Spulen mit Strom versorgt wird.
- Schließe ein Oszilloskop an Klemme A und B an.
- Schalte den Strom zum Transformator über den Schalter ein und aus und beobachte die Ergebnisse am Oszilloskop.

2. Schritt: Wechselstrom, kein Gleichstrom:

- Entferne die Gleichstromquelle vom Elektromagneten und schließe stattdessen einen Signalgenerator an und stelle eine Amplitude von 3 V und eine Frequenz von 300 Hz ein.
- Schalte den Signalgenerator ein und beobachte den Effekt auf dem Oszilloskop.
- Lege einen Eisenkern in die Mitte der beiden Spulen und beobachte, welchen Effekt dies hat.



Wir haben jetzt einen einfachen, aber ziemlich ineffizienten Transformator.

- Verdoppele die Amplitude der Stromquelle vom Signalgenerator. Was passiert?
- Was passiert, wenn du anstelle von Eisen für den Kern ein Material wie Stahl verwendest?

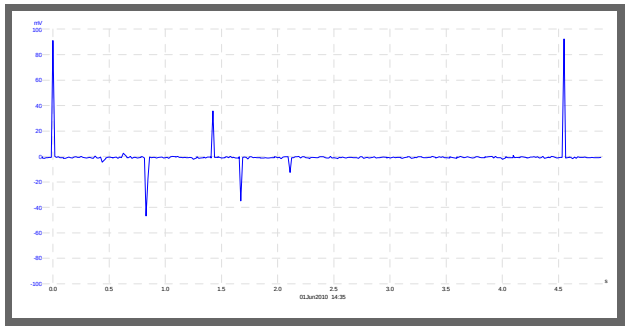
Oszilloskopeinstellungen:
Zeitbasis - 1s/div (X Multiplikator x1)
Spannungsbereich - Eingang A - ±500 mV Gleichstrom (Y Multiplikator x1)
(Eingang B - aus)
Triggerungsmethode - Automatisch
Triggerkanal - Kanal A
Triggerrichtung - Ansteigend
Triggerschwellenwert - 10 mV

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

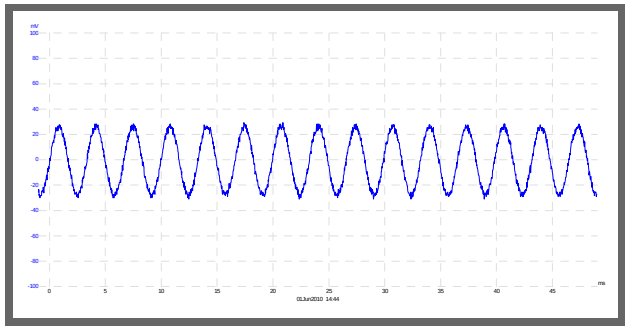
Arbeitsblatt 5
Transformerprinzip

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen



w5x



w5y

Die Graphen zeigen typische Ergebnisse für 2 Schritte des Versuchs:

- Der obere Graph zeigt die Spitzen des Stroms, die erzeugt werden, wenn die Gleichstromquelle zum Transformator mit 2 Spulen ein- und ausgeschaltet wird.
- Der untere Graph zeigt den Strom, der erzeugt wird, wenn die Wechselstromquelle am Transformator mit 2 Spulen angeschlossen ist.

Auf Arbeitsblatt 2 stand, dass du zum Erzeugen von Elektrizität nur einen Magneten, ein Stück Draht und Bewegung benötigst. Der einzige Unterschied hier ist, dass wir einen Magneten durch einen Elektromagneten ersetzt haben und dass wir die zweite Spule mit der ersten Spule „erregt“ haben.

Im zweiten Graph kannst du sehen, dass eine Spule, die **Primärspule**, mit Wechselstrom versorgt wird und ein wechselndes Magnetfeld erzeugt, das auch die andere Spule, der **Sekundärspule**, durchsetzt, wodurch in der Sekundärspule eine Wechselspannung induziert wird. Das ist das Prinzip des Transformators.

Wir wollen uns dieses Prinzip jetzt noch ein bisschen genauer unter die Augen führen:

- Die Stärke des Magnetfelds in der Primärspule hängt von folgenden Faktoren ab:
  - Anzahl der Drahtwicklungen in der Primärspule
  - Strom, der durchfließt, der wiederum von der angelegten Spannung abhängig ist
- Die in der Sekundärspule induzierte Spannung hängt zum Beispiel von folgenden Faktoren ab:
  - Stärke des Magnetfelds, das von der Primärspule erzeugt wurde
  - Anzahl der Drahtwicklungen in der Sekundärspule
  - Wie wirksam das Magnetfeld der Primärspule die Sekundärspule durchsetzt

Anders gesagt: Die in der Sekundärspule induzierte Spannung hängt von der Anzahl der Wicklungen in der Primärspule und der Anzahl der Wicklungen in der Sekundärspule ab. Diese Verbindung wird im nächsten Arbeitsblatt genauer untersucht.

Aufgaben:

- Übertrage das Schaltzeichen für den Transformator in dein Heft.
- Beschreibe die Rolle, die jede der drei Komponenten im Transformator spielt:
  - Primärspule
  - Sekundärspule
  - Kern

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

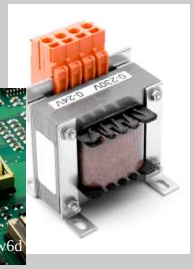
Arbeitsblatt 6
Transformatoren in der Praxis

Motoren und Generatoren

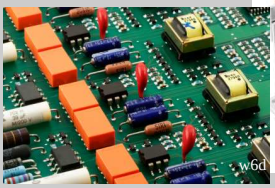
w6a

Transformatoren werden in vielen Bereichen verwendet und spielen eine wichtige Rolle in unserem Leben. Große Transformatoren regulieren die Stromversorgung zu unseren Häusern und befinden sich in Umspannwerken. Andere Transformationen findest du aber auch im Haus.

w6c



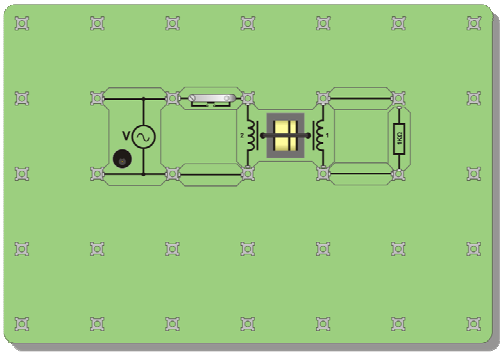
Elektrogeräte benötigen Niedervolt-Gleichstrom. Batterien sind eine teure Methode, um diesen Gleichstrom bereitzustellen. Stattdessen wird oft Hochvolt-Wechselstrom über Transformatoren in Niedervolt-Wechselstrom umgewandelt. Dieser Wechselstrom wird dann in Gleichstrom für Radios, elektrische Zahnbürsten, Computer usw. umgewandelt oder zum Aufladen von Akkus für Handys, Kameras usw. verwendet.


w6d

Versuch:

Abwärtstransformator:

Bei einem Abwärtstransformator hat die Primärspule (die Spule, die mit Wechselstrom versorgt wird) mehr Drahtwicklungen als die Sekundärspule, die die Ausgangsspannung des Transformators erzeugt. Wir benutzen hier einen kommerziellen Transformator mit einem Wicklungsverhältnis von 2:1, was bedeutet, dass eine Spule doppelt so viele Wicklungen wie die andere hat. Die Primärspule ist die Spule 2, die Sekundärspule die Spule 1.


w6b

- Baue die in der Abbildung gezeigte Schaltung auf, die einen Verbraucher mit einem Widerstand von 1 kΩ mit Strom versorgt.
- Schließe einen Signalgenerator an die Spule 2 an. Verwende den Niedrig-Impedanzausgang Verwende den Niedrig-Impedanzausgang (typischerweise 50 Ω). Stelle ihn so ein, dass eine Sinuswelle mit einer Frequenz von 300 Hz und einer Amplitude von 6,0 V ausgegeben wird. (Wenn du dir nicht sicher bist, frage deinen Lehrer.)
- Übertrage die Tabelle in dein Heft und trage dann dort deine Ergebnisse ein.

Wert	Abwärts	Aufwärts
V_P		
V_S		
I_P		
I_S		

- Schließe ein Digitalmultimeter (DMM) an und stelle es auf einen Wechselstrombereich von 20 V ein, um die Spannung V_P an der Primärspule (2) und dann V_S an der Sekundärspule (1) zu messen.
- Stelle das DMM auf den Wechselstrombereich 20 mA ein.
- Schließe es an, um die Verbindung unter der Spule 2 zu ersetzen, und lese den Primärstrom I_P ab. Setze dann die Verbindung wieder ein.
- Messe den Strom I_S in der Sekundärspule auf die gleiche Weise.

Aufwärtstransformator:

Bei einem Aufwärtstransformator hat die Primärspule weniger Wicklungen als die Sekundärspule. In diesem Fall ist die Primärspule die Spule 1 und die Sekundärspule die Spule 2.

- Die Schaltung ist die gleiche wie oben, nur dass der Transformatorträger hier auf dem Kopf steht.
- Schließe das DMM an, um die Sekundärspannung V_S zu messen. Ändere die Amplitude des Signalgenerators, bis V_S den gleichen Wert wie beim vorherigen Versuch hat.
- Messe jetzt V_P, I_P und I_S und schreibe die Werte auf.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 6
Transformatoren in der Praxis

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen

Arbeitsblatt 5 zeigte das Prinzip hinter dem Transformator, aber das letztendliche Gerät war sehr ineffizient. Das Bild zeigt die verbesserte Version: 2 Spulen, die nebeneinander liegen, wie in der ersten Version, aber jetzt durch einen viel komplexeren Kern verbunden. Der Kern geht durch die Mitte der Spulen und liegt außerdem um die Spulen herum. Das Ergebnis ist eine viel effektivere Verbindung zwischen der Sekundärspule und dem Magnetfeld, das in der Primärspule erzeugt wird.

Was die Ergebnisse zeigen:

1. Schau dir das Verhältnis von V_P zu V_S für sowohl den Aufwärts– als auch den Abwärtstransformator an.
   Du müsstest eine Verbindung mit dem Wicklungsverhältnis des Transformators sehen.
   Die Transformatorbeziehung besagt, dass für einen idealen Transformator
   $$V_P / V_S = N_P / N_S$$
   wobei N_P und N_S die Anzahl der Wicklungen auf der Primär– bzw. der Sekundärspule sind.
2. Schau dir das Verhältnis von I_P zu I_S für beide Transformatoren an. Es ist nicht ganz so offensichtlich, was hier passiert.
   Allgemein gesagt:
   - Der Aufwärtstransformator transformiert die Spannung hoch (verdoppelt sie praktisch), transformiert aber den Strom herunter: der Strom in der Primärspule ist viel höher als in der Sekundärspule.
   - Der Abwärtstransformator transformiert die Spannung herunter, liefert aber den gleichen Sekundärstrom wie im vorherigen Fall bei einem viel kleineren Primärstrom.
3. In beiden Fällen haben wir die gleiche Ausgangsspannung V_S für den 1 kΩ–Verbraucher angelegt; der Sekundärstrom I_S hätte demzufolge also sehr ähnlich sein müssen.
   Der Säuretest: Wie wird die elektrische Leistung (Energie pro Sekunde) zur Primärspule geliefert verglichen mit der Leistung, die vom Ausgang zur Sekundärspule geliefert wird?
   Berechne diese Größen mit folgender Formel: Leistung = Strom x Spannung.
   Leistung an Primärspule, $P_P = I_P \times V_P$ = ...mW
   Leistung vom Ausgang der Sekundärspule, $P_S = I_S \times V_S$ = ...mW
   Für einen idealen Transformator (100 % effizient): $P_P = P_S$
   und $I_S / I_P = N_P / N_S$

Urteil:
Der Transformator ist in keiner Weise magisch. Er wandelt die „Form“ der Elektrizität um, allerdings auf Kosten der Energie.
In der Realität ist die Leistung von der Sekundärspule kleiner als die Leistung zur Primärspule.

Aufgaben:
- Übertrage die Transformatorbeziehung in dein Heft und erkläre in Worten, was sie bedeutet.
- Erkläre, was die Begriffe *aufwärts transformieren* und *abwärts transformieren* im Zusammenhang mit Transformatoren bedeuten.
  Mache in jedem Fall deutlich, welche Rolle die Anzahl der Drahtwicklungen spielt und was genau aufwärts und abwärts transformiert wird.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

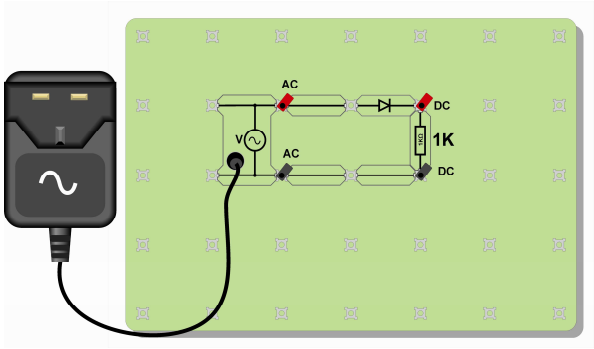
Arbeitsblatt 7
Einweggleichrichter

Motoren und Generatoren

Der Großteil des elektrischen Systems des Autos läuft mit Gleichstrom. Die Lichtmaschine erzeugt aber Wechselstrom. Es wird daher ein Bauteil benötigt, dass Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt, damit die Lichtmaschine das System mit Strom versorgen kann. Dieser Prozess wird als Gleichrichtung bezeichnet und das Bauteil ist die Diode.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie Wechselstrom mithilfe von Dioden in Gleichstrom umgewandelt werden kann. Auf diesem Arbeitsblatt sehen wir uns die einfachste Methode an: den Einweggleichrichter.

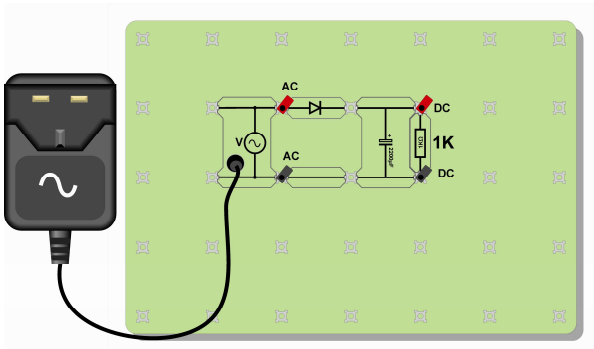
Versuch:
Baue die in der Abbildung gezeigte Schaltung auf und verwende die Wechselstromspannung. Der 1 kΩ-Widerstand repräsentiert alle Komponenten im elektrischen Systems des Autos.



w7w

Die Abbildung zeigt zwei Positionen für das Oszilloskop: zuerst ist es an den Punkten AC (Wechselstrom) und dann an den Punkten DC (Gleichstrom) angeschlossen.

Wenn dein Oszilloskop zwei Eingangskanäle hat, schließe einen an AC und den anderen an DC an.
Wenn dein Oszilloskop nur einen Eingangskanal hat, schließe es zuerst an AC und dann an DC an, um beide Signale getrennt zu messen. Die Einstellungen für das Oszilloskop stehen unten auf dieser Seite (sie sind für beide Methoden gleich). Übertrage den Graph, den du auf dem Display vor und hinter der Diode siehst, in dein Heft.



w7x

Du müsstest feststellen, dass der Strom, der durch den 1 kΩ-Widerstand fließt, Gleichstrom ist; er ändert nicht seine Richtung. Er ist aber nicht der gleiche glatte Gleichstrom, den du auf Arbeitsblatt 1 gesehen hast.

Die Leistung dieses Gleichrichters kann verbessert werden, indem ein Kondensator hinzugefügt wird. Baue die in der zweiten Abbildung gezeigte Schaltung auf, in der ein großer Kondensator (2200 µF,) der als Beruhigungskondensator bezeichnet wird, hinzugefügt wurde.

Verwende ein Oszilloskop mit den gleichen Einstellungen wie zuvor, um die Wellenform über den 1 kΩ-Verbraucher zu sehen und in dein Heft zu übertragen (schließe hierzu das Oszilloskop wieder an die Drähte DC an.)

Oszilloskopeinstellungen:
Zeitbasis - 10 ms/div (X Multiplikator x1)
Spannungsbereich - Eingang A - ±10 V Gleichstrom (Y Multiplikator x1)
(Eingang B - gleiche Einstellungen, falls verwendet.)
Triggerungsmethode - Automatisch
Triggerkanal - Kanal A
Triggerrichtung - Ansteigend
Triggerschwellenwert - 200 mV

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

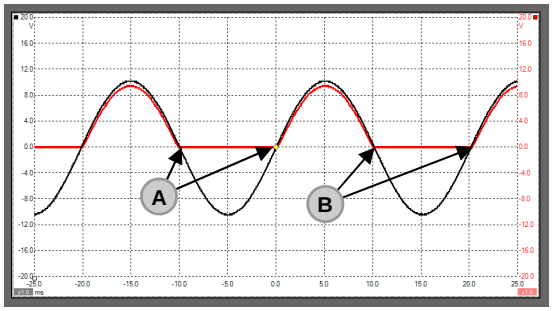
Arbeitsblatt 7
Einweggleichrichter

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen

Die Diode lässt Strom nur in eine Richtung durch sie (und den 1 kΩ-Verbraucher) fließen. Sie verhält sich wie ein kleiner Widerstand für Ströme, die versuchen, in eine Richtung zu fließen (wenn die Diode vorwärts vorgespannt ist), und wie ein sehr großer Widerstand für Ströme, die versuchen, in die andere Richtung zu fließen (wenn die Diode rückwärts vorgespannt ist).
Das erste Oszillogramm zeigt einen typischen Graphen, der von der ersten Schaltung erhalten wurde. Der Wechselstromeingang wird in einen Gleichstromeingang umgewandelt (gleichgerichtet). Wenn du genau hinsiehst, siehst du, dass der Ausgang zwar Gleichstrom ist (da er nie über die 0 V-Linie geht), es sich aber um kleinen gleichmäßigen Gleichstrom handelt. Vergleiche diesen Graph mit dem Graphen, den du von der Gleichstromquelle auf Arbeitsblatt 1 erhalten hast. Das zweite Oszillogramm zeigt das gleiche Signal mit einer anderen Zeitbasiseinstellung für den Oszilloskopen (2 ms/div.).
Dieses Oszillogramm zeigt die Gleichrichtung in mehr Detail. Beachte insbesondere, dass der Gleichstromausgang (in rot) ca. 0,7 V niedriger als der Wechselstromeingang ist.
Die Diode leitet erst wirklich, wenn die Spannung an ihr 0,7 V erreicht. Sobald sie anfängt, zu leiten, fällt die Spannung an der Diode um 0.7 V, wodurch der Gleichstromausgang an allen Punkten 0,7 V unter dem Wechselstromeingang ist.
Die dritte Abbildung zeigt, was passiert, wenn ein Beruhigungskondensator hinzugefügt wird. Die Ausgangsspannung ist jetzt Gleichstrom und gleichmäßig. Hierbei spielt die Größe des Kondensators eine Rolle. Mit diesem Aspekt befassen wir uns später.

Einfache Gleichrichtung

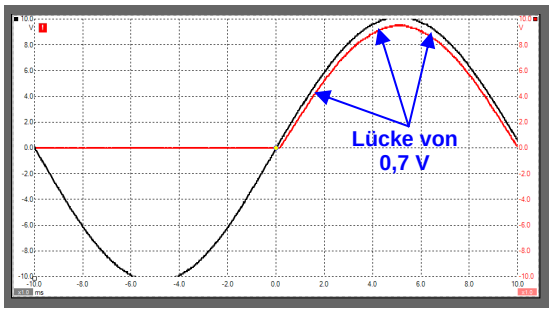


w7p

AC —
DC —

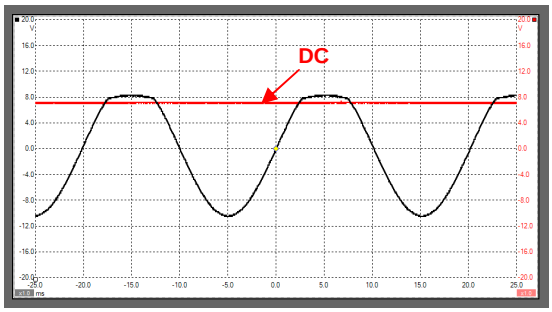
A Wechselstrom (AC) ändert hier Richtung
B Gleichstrom (DC) ändert Richtung nicht

Ein näherer Blick



w7q

Mit Kondensator in der Schaltung



w7r

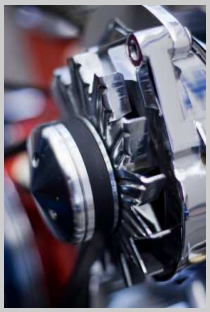
Zusammenfassung:

- Der Vorgang, Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln, heißt Gleichrichtung.
- Die Einweggleichrichtung verwendet nur eine Diode, führt aber dazu, dass nur die Hälfte des Wechselstromsignals in Gleichstrom umgewandelt wird. Über die Hälfte der Zeit fließt überhaupt kein Strom.
- Die Siliziumdiode leitet nur, wenn sie vorwärts vorgespannt ist und wenn an ihr eine Spannung von mindestens 0,7 V anliegt.
- Der Ausgang dieses Einweggleichrichters ist 0,7 V niedriger als der Wechselstromeingang und ist kein glatter Gleichstrom.
- Um das erzeugte Gleichstromsignal zu glätten, kann am Ausgang des Einweggleichrichters ein großer Kondensator angeschlossen werden.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 8
Graetz-Schaltung

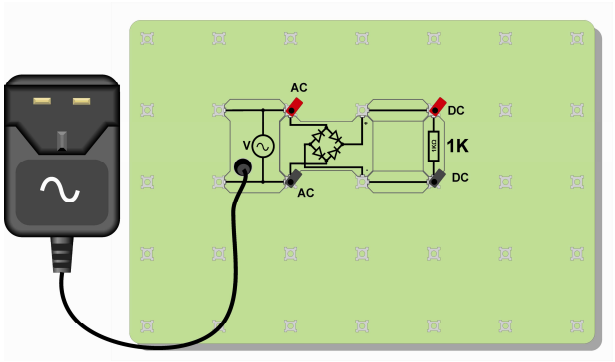
Motoren und Generatoren



Ein Einweggleichrichter verwendet nur eine Diode, nutzt aber die angebotene elektrische Energie nicht effizient. Über die Hälfte der Zeit fließt überhaupt kein Strom durch den Verbraucher.

Eine Graetz-Schaltung überwindet diese Beschränkung, verwendet hierzu aber eine Reihe von Dioden und verliert hierdurch mehr Wechselspannung. Nichtsdestotrotz werden Graetz-Schaltungen oft zur Umwandlung des Wechselstroms von der Lichtmaschine zu Gleichstrom verwendet.

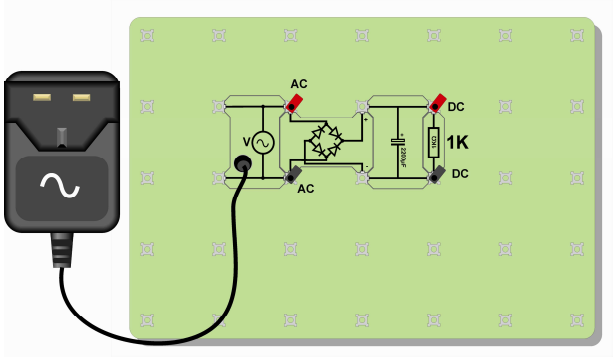
Versuch:
Baue die in der Abbildung gezeigte Schaltung mit der Wechselstromquelle auf. Auch hier wieder repräsentiert der 1 kΩ-Widerstand den Verbraucher, also alle Komponenten im elektrischen Systems des Autos.



w8m

Wichtig:
Wenn dein Oszilloskop zwei Eingangskanäle hat, NICHT einen Eingangskanal an AC und den anderen an DC ANSCHLIESSEN. Hierdurch wird eine der Dioden kurzgeschlossen.
(Der Grund hierfür ist ausführlicher auf der nächsten Seite erklärt.)

Schließe einen Kanal des Oszilloskops an, um den Wechselstromsignaleingang zu messen. Schließe das Oszilloskop dann an, um den Gleichstromsignalausgang zu messen. Die Einstellungen für das Oszilloskop stehen unten auf dieser Seite und sind die gleichen, die du beim letzten Versuch verwendet hast. Übertrage den Wechselstrom- und den Gleichstromgraphen in dein Heft.



w8n

Der Gleichstromausgang variiert weniger als bei der Einweggleichrichtung, ist aber immer noch keine gleichmäßige Spannung. Versuche es mit der gleichen Lösung wie beim vorherigen Versuch: schließe am Ausgang der Graetz-Schaltung einen großen Kondensator an. Die geänderte Schaltung ist in der zweiten Abbildung gezeigt.

Verwende das Oszilloskop mit den gleichen Einstellungen wie zuvor, um die Wellenform am 1 kΩ-Verbraucher in dein Heft zu übertragen.

Oszilloskopeinstellungen:
Zeitbasis - 10 ms/div (X Multiplikator x1)
Spannungsbereich - Eingang A - ±10 V Gleichstrom (Y Multiplikator x1)
Triggerungsmethode - Automatisch
Triggerkanal - Kanal A
Triggerrichtung - Ansteigend
Triggerschwellenwert - 200 mV

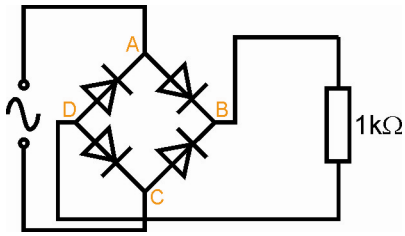
Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 8
Graetz-Schaltung

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen

Die Graetz-Schaltung ist rechts gezeigt.

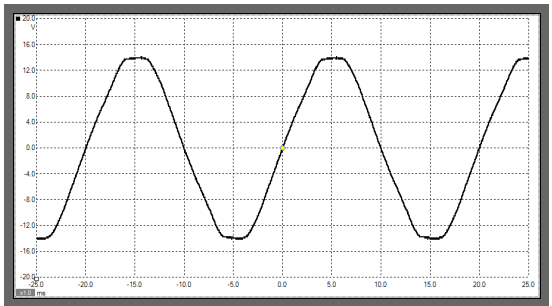


w8r

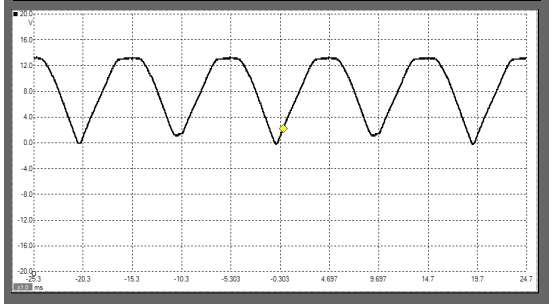
Auf der vorherigen Seite stand, dass du mit zwei Oszilloskopkanälen nicht gleichzeitig Wechselstrom und Gleichstrom messen kannst.

Um gleichzeitig Wechselstrom und Gleichstrom zu messen, würdest du einen Kanal an Punkt **A** und **C** anschließen, um das Wechselstromsignal zu messen, und den anderen an Punkt **B** und **D**, um Gleichstrom zu messen. Das Oszilloskop hat aber eine gemeinsame 0 V-Verbindung zwischen den beiden Kanälen. Das bedeutet, dass du z. B. Punkt **C** und **D** über die gemeinsame Oszilloskopverbindung verbinden und somit eine der Dioden kurzschließen würdest.

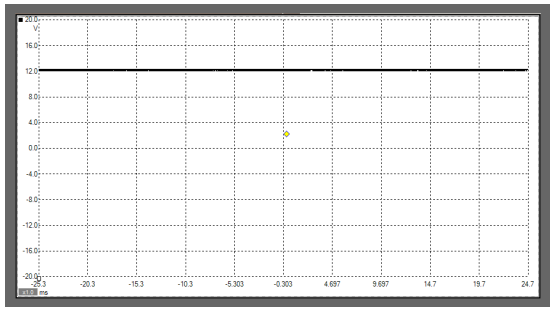
Graetz-Schaltung



w8p



w8q



w8s

Die drei Oszilloskopgraphen zeigen das Wechselstromsignal, das in die Graetz-Schaltung geht, den Gleichstromausgang sowie was passiert, wenn ein Kondensator zum Glätten des Ausgangs hinzugefügt wird.

Der Gleichstromausgang im mittleren Graphen ist eine Verbesserung gegenüber dem Einweggleichrichterausgang, da Strom während des gesamten Wechselstromzyklus durch den Verbraucher fließt. Auch hier ist dies wieder Gleichstrom, weil der Graph nie die 0 V-Linie überkreuzt. Allerdings wird auch hier wieder ein Beruhigungskondensator benötigt, um einen gleichmäßigen Gleichstrom zu erhalten.

Zusammenfassung:

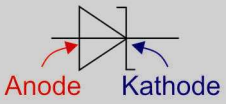
- Eine Graetz-Schaltung verwendet mindestens 4 Dioden, lässt aber Strom während des gesamten Wechselstromzyklus durch den Verbraucher durch.
- Der Ausgang dieser Graetz-Schaltung mit 4 Dioden ist 1,4 V niedriger als der Wechselstromeingang und ist kein glatter Gleichstrom.
- Auch hier kann wieder ein großer Kondensator am Ausgang des Gleichrichters angeschlossen werden, um das erzeugte Gleichstromsignal zu glätten.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Arbeitsblatt 9
Die Zener-Diode

Motoren und Generatoren

w9a Die Zener-Diode

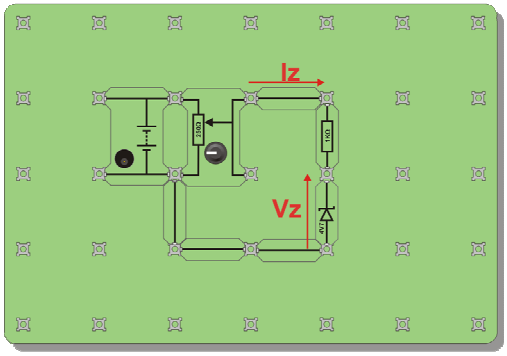


Die Zener-Diode ist eine Diode, die, wenn sie vorwärts vorgespannt ist, „normalerweise“ nur in eine Richtung leitet.
Sie wird aber im Zenerdurchbruch rückwärts vorgespannt verwendet.
Ihre Aufgabe besteht darin, die an einen Schaltkreis ausgesendete Spannung zu regeln – sie ist also ein Spannungsregler.

Auf diesem Arbeitsblatt sehen wir uns das Verhalten einer Zener-Diode an, zuerst von einer vorwärts vorgespannten und dann von einer rückwärts vorgespannten Zener-Diode.

Versuch:

1. Vorwärts vorgespannt:



w9b

- Baue die in der Abbildung gezeigte Schaltung auf. Die Anode der Zener-Diode wird näher am Pluspol der Stromquelle als an ihrem Minuspol angeschlossen. Die Diode ist ***vorwärts vorgespannt***.
- Stelle die Stromquelle auf 6 V Gleichstrom ein. Ein 1 kΩ-Widerstand ist in Reihe mit der Zener-Diode geschaltet.
- Schließe ein digitales Multimeter (DMM) an und stelle es auf einen Gleichstrombereich von 2 V ein, um die Spannung V_Z an der Zener-Diode abzulesen.
- Entferne den Anschluss zwischen dem Poti und dem 1 kΩ-Widerstand und ersetze ihn durch ein zweites DMM, das du auf den Bereich 20 mA einstellst, um den Zenerstrom I_Z abzulesen.
- Über den Poti können wir die Spannung ändern, die an der Zener-Diode anliegt.
- Drehe den Knopf am Poti bis zum Anschlag gegen den Uhrzeigersinn, um die Spannung auf Null zu setzen.
- Drehe den Knopf langsam im Uhrzeigersinn, bis der Strom durch die Diode 0,2 mA erreicht. Lese dann die Spannung an der Diode ab.
- Übertrage die Tabelle in dein Heft und trage dort deine Ergebnisse ein.
- Erhöhe den Strom in Schritten von 0,2 mA auf bis zu 2,0 mA und lese bei jedem Schritt die Spannung ab.

I_Z in mA	V_Z in V
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	
1,2	
1,4	
1,6	
1,8	
2,0	

2. Rückwärts vorgespannt:

- Stelle die Stromquelle auf 9 V ein.
- Tausche den 1 kΩ-Widerstand gegen einen 270 Ω-Widerstand aus.
- Kehre die Richtung der Zener-Diode um, sodass sie rückwärts vorgespannt ist.
- Wiederhole die obigen Schritte und erhöhe den Strom durch die Zener-Diode in Schritten von 0,2 mA bis auf 5,0 mA und lese bei jedem Schritt die Spannung ab.
- Trage deine Ergebnisse in einer zweiten Tabelle (wie der ersten) ein.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

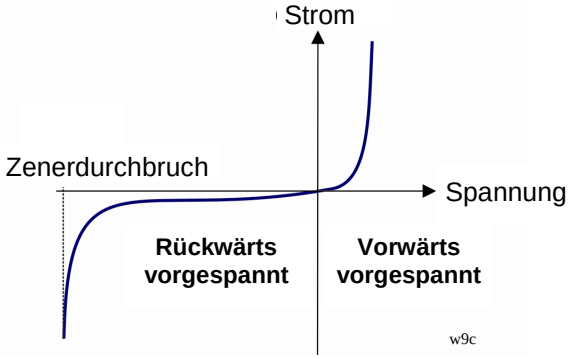
Arbeitsblatt 9
Die Zener-Diode

Motoren und Generatoren

Aufgaben/Erklärungen

- Zeichen einen Graphen mit deinen Ergebnissen für das Verhalten der Zener-Diode. Trage den Strom auf der y-Achse und die Spannung auf der x-Achse ein.

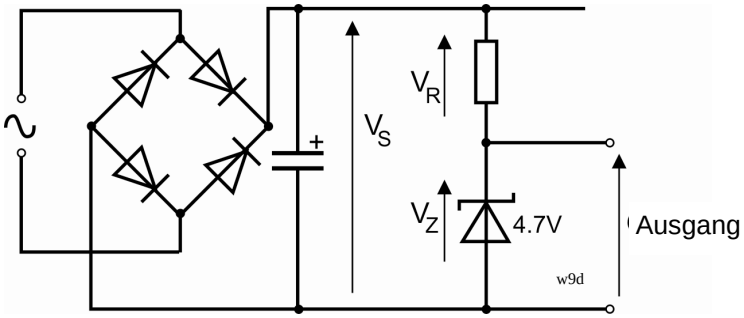
- Zeichne eine glatte Kurve durch die Punkte aus dem Versuch. Das Ergebnis müsste so wie der rechts gezeigte Graph aussehen.



- Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Spannung an der Zener-Diode kaum ändert, wenn der Zenerdurchbruch erreicht ist und der Strom sich erhöht. Das ist das ideale Verhalten für eine Stromquelle.

Ein Zenerspannungsregler:

Das Ziel eines Spannungsreglers ist, eine gleichmäßige Ausgangsspannung zu liefern, und zwar unabhängig davon, welche Änderungen im Ausgangsstrom oder in der Ausgangsspannung auftreten. Wir haben gesehen, dass eine Zener-Diode genau dieses Verhalten aufweist. Um dieses Verhalten zu nutzen, baue eine Schaltung wie die hier gezeigte auf.



Wenn sich die Spannung an der Stromquelle V_S ändert, bleibt die Spannung V_Z an der Zener-Diode gleich und die Spannung V_R am Widerstand ändert sich.
Beispiel: Wenn V_S = 8,5 V, V_Z = 4,7 V, dann ist V_R = 3,8 V (= 8,5 - 4,7).
Wenn V_S dann auf 8,8 V ansteigt, ist V_Z = 4,7 V und V_R = 4,1 V (= 8,8 - 4,7).

Wenn sich der vom Ausgang gezogene Strom ändert, bleibt die Spannung an der Zener-Diode stabil, wie im Graph oben auf der Seite zu sehen.

Aufgaben:

- Übertrage das Schaltbild oben auf Seite 18, das das Schaltzeichen für eine Zener-Diode und Beschriftungen für die Anode und Kathode enthält, in dein Heft.
- Übertrage den Graphen oben, der das I/V-Verhalten einer Zener-Diode zeigt, in dein Heft.
- Zeichne das Schaltbild für einen Spannungsregler, der auf einer Zener-Diode basiert.
- Erkläre, warum der Ausgang gleich bleibt:
    - wenn sich die Ausgangsspannung ändert
    - wenn sich der Ausgangsstrom ändert

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Motoren und Generatoren

Über diesen Kurs

Einführung

Der vorliegende Kurs ist im Wesentliche ein praktischer Kurs. Mit dem Locktronics-Kasten können elektrische Stromkreise schnell und einfach aufgebaut werden, um mit ihnen anschließend Versuche durchzuführen. Das Endergebnis kann dank der auf jedem Bauelement aufgedruckten Schaltzeichen genau wie der Schaltplan aussehen.

Ziel

Der Kurs führt Schüler in die Funktionsweise von Motoren und Generatoren in einem Automobilkontext mit einer Reihe praktischer Versuche ein, durch die Schüler ihre theoretische Arbeit mit praktischen Fähigkeiten vereinen können.

Vorwissen

Es wird empfohlen, dass Schüler den Kurs „Elektrizitätslehre 1“ und „Elektrizitätslehre 2“ durchgearbeitet haben oder über das entsprechende Wissen und die entsprechende Erfahrung verfügen, einfache Schaltkreise aufzubauen und Multimeter zu verwenden.

Lernziele

Nach dem erfolgreichen Abschluss dieses Kurses hat der Schüler Folgendes gelernt:

- Nennung von 5 Einsatzbereichen für Elektromotoren in einem Auto
- dass die Kraft, die auf einen stromführenden Draht ausgeübt wird, im rechten Winkel zum Strom und zum Magnetfeld wirkt
- die Linke-Hand-Regel von Fleming
- Erklärung, warum der Strom im Rotor eines Elektromotors umgekehrt werden muss
- Beziehung des von einer Stromquelle gezogenen Stroms auf die von einem Elektromotor geleistete Arbeit
- Nennung der Lichtmaschine als Methode zur Erzeugung von Elektrizität in Komponenten eines Autos
- dass der in einem Draht induzierte Strom, der sich in einem magnetischen Feld bewegt, im rechten Winkel zur Bewegung und zum Magnetfeld fließt
- Beziehung der Größe des induzierten Stroms auf die Geschwindigkeit der Bewegung, der Stärke des Felds und der vorhandenen Anzahl der Leiter
- Erklärung der Form eines Spannungs-/Zeitdiagramms, das die in einem Draht induzierte Spannung zeigt, der sich in einem magnetischen Feld bewegt
- Erklärung, wie die Erzeugung von Wirbelströmen genutzt werden kann, um eine Bremswirkung hervorzurufen
- Beschreibung des Einsatzes von Kommutatoren und Schleifringen zur Gewinnung von elektrischer Energie von einem Generator
- Zeichnen des Schaltzeichens für einen Transformator und Beschreibung der allgemeinen Funktionen eines Transformators
- Beziehung dieser Funktionen auf das Prinzip hinter der Erzeugung von Elektrizität
- Unterscheidung zwischen dem Verhalten von Aufwärts– und Abwärtstransformatoren
- Definition und Verwendung der Transformatorbeziehung
- Erklärung der Beziehung zwischen Strom und Spannung in der Primär- und Sekundärspule eines Transformators
- dass Transformatoren in der Praxis Energie verschwenden
- Berechnung der Leistung an der Primärspule und der verfügbaren Leistung von der Sekundärspule eines Transformators
- Definition der Gleichrichtung als Prozess der Umwandlung von Wechselstrom zu Gleichstrom
- dass eine Einweggleichrichtung nur eine Diode verwendet, aber nur über die Hälfte der Zeit einen Gleichstrom erzeugt
- dass eine Graetz-Schaltung eine Gleichspannung erzeugt, die ~0,7 V niedriger als die höchste Wechselspannung ist
- dass eine Graetz-Schaltung mindestens 4 Dioden verwendet, aber einen Gleichstrom während des gesamten Wechselstromzyklus erzeugt
- dass eine Graetz-Schaltung eine Gleichspannung erzeugt, die ~1,4 V niedriger als die höchste Wechselspannung ist
- Zeichnen des Schaltzeichens für eine Zener-Diode und Benennung der Anode und Kathode
- Fähigkeit, die Auswirkungen der I/V-Charakteristik einer Zener-Diode zu skizzieren und zu beschreiben
- Beschreibung der Funktionen einer Zener-Diode, die es ermöglichen, sie als Spannungsregler einzusetzen
- Erklärung, wie der Ausgang eines zenerbasierten Spannungsreglers Änderungen in der Eingangsspannung und im Ausgangsstrom widersteht

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Motoren und Generatoren

Was Ihre Schüler benötigen:

Für den Motoren und Generatoren-Kurs benötigen Schüler die in der Tabelle rechts aufgeführten Teile.
Außerdem wird Folgendes benötigt:

- 1 Funktionsgenerator, der sinusförmige Wechselstromsignale mit Frequenzen bis zu 10 kHz erzeugen kann. Hierfür empfehlen wir Teil HP8990.
- 1 Oszilloskop mit 2 Verlaufsgraphen. Sie haben hier die Wahl zwischen einem konventionellen Oszilloskop und einem PC-basierten Oszilloskop. Hierfür empfehlen wir Teil LK4679, das ein konventionelles Oszilloskop ist. Wir empfehlen auch das Picoskop HP4679, das ein 5 MHz PC-basiertes Scope mit 2 Verlaufsgraphen ist.

Stromquelle:
Für die Versuche in diesem Modul sind zwei Stromquellen erforderlich, eine Wechselstrom- und eine Gleichstromquelle. Beide sind als Tisch-Stromquellen mit Stecker erhältlich.

Die HP5328 ist eine einstellbare Gleichstromquelle mit Ausgangsspannungen von 3 V, 4,5 V, 6 V, 7,5 V, 9 V und 13,5 V und Strömen von typischerweise bis zu 1 A. Die Spannung wird durch Drehen des Auswahlschalters direkt über dem Masseanschluss geändert, bis der Pfeil auf die gewünschte Spannung zeigt. (Die Spannung kann entweder vom Lehrer oder von den Schülern eingestellt werden.)

Anzahl	Code	Beschreibung
1	HP4039	Deckel für Plastikschalen
1	LK2340	Wechselstromquellenträger
1	HP5328	Internationales Netzgerät mit Adaptern
1	HP5540	Tiefe Schale
1	HP7750	Schaumeinsatz für Locktronics-Tochterschale
1	HP9564	62 mm-Tochterschale
1	HP6529	Anschlussklemme
20	labour	Techniker-Arbeitszeit - 1 Minute
1	LK4000	Locktronics-Benutzerhandbuch
1	LK4123	Transformator - Wicklung 2:1
1	LK5202	Widerstand - 1K, 1/4 W, 5 % (DIN)
1	LK5205	Widerstand - 270 Ohm 1/4 W, 5 % (DIN)
1	LK5208	Potentiometer 250 Ohm (DIN)
1	LK5243	Diode (IN4001) Leistung 50 V
1	LK5247	Zener-Diode (4,7 V)
12	LK5250	Leitungsdraht
1	LK5266	Brückengleichrichter (1N4001)
1	LK5297	Kabel - schwarz - 600 mm, 4 mm zu Krokodilklemme
1	LK5298	Kabel - rot - 600 mm, 4 mm zu Krokodilklemme
1	LK5603	Kabel - rot, 500 mm 4 mm zu 4 mm stapelbar
1	LK5604	Kabel - schwarz, 500 mm 4 mm zu 4 mm stapelbare
1	LK6203	Kondensator, 2,200 uF, elektrolytisch, 25 V
1	LK6207	Druckschalter (Morsetastenähnlicher Streifen, Drücken schließt)
1	LK6482	Linke-Hand-Motorregel-Träger
1	LK6706	Motor 3/6 V Gleichstrom. 0,7 A
1	LK7483	2:1 Transformator mit herausziehbarem Eisenkern
1	LK7485	Alnico-Stabmagnet
1	LK7487	Lenzsches Gesetz-Bausatz
1	LK7489	Faradaysches Gesetz-Bausatz
1	LK8275	Träger für Stromquelle mit Batteriesymbol
1	LK8397	Amperemeter, 0 - 1 A
1	LK8900	Montageplatte 7 x 5 mit 4 mm Anschlüssen
1	LK9381	Amperemeter 0 - 100 mA

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Motoren und Generatoren

Verwendung dieses Kurses:
Es wird erwartet, dass die in diesem Kurs enthaltenen Versuche in den Unterricht oder in kleine Gruppentutorials integriert werden, in dem bzw. in denen die Theorie hinter der praktischen Arbeit eingeführt und das erlernte Wissen mit schriftlichen Beispielen, Aufgabenstellungen und Berechnungen gefestigt wird.

Die Arbeitsblätter sollten (vorzugsweise in Farbe) für die Schüler ausgedruckt/fotokopiert/laminiert werden. Schüler sollten dazu ermutigt werden, sich ihre eigenen Notizen zu machen und die Ergebnistabellen und Abschnitte mit der Überschrift „Setze ein“ oder „Zusammenfassung“ in ihre Übungshefte zu übertragen und dort auszufüllen. Schüler brauchen keine eigene dauerhafte Kopie jedes Arbeitsblatts.

Jedes Arbeitsblatt enthält:

- eine Einführung zum jeweiligen Thema
- eine schrittweise Anleitung für den anschließenden Versuch
- einen Abschnitt mit der Überschrift „Aufgaben/Erklärungen“, in dem die Ergebnisse zusammengefasst werden und weiterführende Aufgaben gestellt werden. Hierdurch soll der Austausch von Ideen mit Mitschülern und dem Lehrer gefördert werden
- einen Abschnitt mit der Überschrift „Setze ein“ oder „Zusammenfassung“, den die Schüler in ihre Übungshefte übertragen und dort ausfüllen können

Dieses Format fördert ein selbstständiges Lernen, da Schüler in einem Tempo arbeiten können, das ihren Fähigkeiten entspricht. Die Aufgabe des Lehrers besteht darin, zu überprüfen, dass die Schüler die Arbeitsblätter richtig durcharbeiten und den Lehrstoff verinnerlichen. Eine Möglichkeit hierfür ist, jedes Arbeitsblatt „abzuzeichnen“, sobald ein Schüler es durchgearbeitet hat, und dabei kurz mit dem Schüler zu sprechen, um zu überprüfen, ob die Konzepte verstanden wurden.

Zeit:
Schüler werden für die Durcharbeitung der Arbeitsblätter zwischen 7 und 9 Stunden brauchen.
Es wird erwartet, dass die eigentliche Vermittlung des Lehrstoffes ungefähr genau so lange dauern wird.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Arbeitsplan

Motoren und Generatoren

Arbeitsblatt	Hinweise für den Lehrer	Zeit
1	In Autos gibt es eine Vielzahl von Motoren in den verschiedensten Formen und Größen. Es ist hilfreich, zur Einführung dieses Themas Bilder mit Beispielen zur Hand zu haben. Der eigentliche Versuch dauert nur ein paar Minuten, aber den Schülern sollte Gelegenheit gegeben werden, ein bisschen mit dem Baukasten zu „spielen“, um sich mit dem System vertraut zu machen. In der Anweisung wird erklärt, wie sie das Magnetfeld und die Stromrichtung umkehren, um zu sehen, was dadurch passiert. Der Effekt ist letztendlich relativ mysteriös und beginnt mit den Eigenschaften der Elektronen. Es hängt vom bisherigen Wissen der Schüler und vom Lehrer ab, wie weit die Erklärung auf Seite 3 vertieft wird. Elektronen sind „magisch“ und ihr Verhalten ist jenseits unserer täglichen Erfahrung. Wenn sich zum Beispiel ein Elektron an uns vorbei bewegt, erfahren wir ein magnetisches Feld. Wenn das Elektron still steht und wir uns an ihm vorbei bewegen, erfahren wir ebenfalls ein magnetisches Feld. Wenn wir uns mit der gleichen Geschwindigkeit wie ein Elektron bewegen, erfahren wir kein magnetisches Feld. Sich bewegende Elektronen sind die Quelle aller magnetischen Wirkungen, selbst derer in „Dauermagneten“, in denen es keinen offensichtlichen Elektronenfluss gibt. Es ist wichtig, dass die Schüler lernen, dass sich die Linke-Hand-Regel (Motorregel) auf die Richtung der Kraft auf einem Leiter zur Richtung des Stroms und des magnetischen Felds bezieht. Die Schüler werden sehr viel üben müssen, um diese Regel anzuwenden.	**20 - 30 Minuten**
2	Auf Arbeitsblatt 1 war die Bewegung linear. Schüler brauchen viel Zeit, um die Änderung zur Drehbewegung zu verinnerlichen. Die Abbildungen auf Seite 4 müssen sorgfältig studiert und die Linke-Hand-Regel so oft wie möglich angewandt werden. Den Schülern muss klar werden, dass die Bewegung unrund ist, wenn der Rotor eine einzelne Spule ist. Das maximale Drehmoment wird erzeugt, wenn die Ebene der Spule parallel zum Feld (wie in der ersten und der dritten Abbildung) ist. Wenn die Spule senkrecht steht, besteht immer noch eine Kraft auf den beiden Seiten, sie hat aber keine Drehwirkung. Glücklicherweise bringt das aufgebaute Moment die Spule durch diese Position. Schülern muss klar werden, dass die Drehung sich fortsetzen kann, wenn es eine Möglichkeit gibt, die Stromrichtung umzukehren. Bei einem Gleichstrommotor kann dies durch den Einsatz eines Kommutators erreicht werden. Bei einer einfachen Spule ist dies eine Trommel, die in zwei Hälften gespalten ist. Bei Rotoren, die aus mehreren Spulen bestehen, ist der Kommutator komplizierter, tut aber das Gleiche. Bei Wechselstrommotoren kehrt sich der Strom automatisch während jedes Zyklus der Wechselstromquelle um. Der Wechselstrom kann über zwei Schleifringe zur Spule gelangen. Die Schleifringe bestehen aus Messing und sind jeweils an einem Ende der Spule angebracht. Ein oftmals schwer verständliches Konzept ist die Beziehung zwischen der Drehzahl und dem von der Stromquelle geforderten Strom. Wenn der Motor mit der höchsten Drehzahl läuft, muss er nur gegen Reibkräfte in den Lagern und gegen den Luftwiderstand arbeiten. Als Ergebnis zieht er nur einen kleinen Strom. Wenn der Motor zusätzliche Arbeit leisten muss, zieht er zusätzlichen Strom. um so zusätzliche Energie zu erhalten.	**20 - 30 Minuten**

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Arbeitsplan

Motoren und Generatoren

Arbeitsblatt	Hinweise für den Lehrer	Zeit
3	Bei den praktischen Übungen muss genau aufgepasst werden. Die hier betrachteten Effekte sind gering und können leicht übersehen werden. Wenn Schüler Digitalmultimeter verwenden, müssen sie wissen, dass sie das Eingangssignal in periodischen Abständen messen sollten, und dass kurze Impulse verpasst werden können. Schüler sind oftmals unsicher, wenn sie Digitalmultimeter benutzen sollen, da hierbei der richtige Bereich und der richtige Anschluss gewählt werden müssen. Lehrer müssen eventuell zu Beginn der Stunde kurz wiederholen, wie das Digitalmultimeter richtig verwendet wird, oder den Schülern beim Ablesen der Werte helfen. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass viele Digitalmultimeter mit einer Schmelzsicherung zum Schutz vor zu hohen Lasten auf Gleichstrombereichen versehen sind. Diese Schmelzsicherungen können sehr schnell „herausfliegen“, was der Schüler nicht sehen kann, und der Schüler wundert sich dann unter Umständen, warum auf dem Messgerät nichts angezeigt wird. Lehrer müssen die Messgeräte regelmäßig überprüfen und sollten genügend neue Schmelzsicherungen bei sich haben. Auch beim Picoskop wird der Eingangswert gemessen. Wenn der Versuch mehrmals wiederholt wird, verstehen die Schüler besser, was passiert, und auf dem Picoskop müsste letztendlich ein guter Graph angezeigt werden. Die Rechte-Hand-Regel (Dynamoregel) von Fleming muss sorgfältig erklärt werden und erfordert einige Übung, wenn die Schüler sie richtig beherrschen sollen. Einige werden verwechseln, wann die Linke-Hand-Regel und wann die Rechte-Hand-Regel zu verwenden ist. Es wird eine Erklärung zum Verhalten von Elektronen gegeben. Der Lehrer sollte beurteilen, wie weit er dieses Thema in einer Klasse vertiefen sollte.	**30 - 40 Minuten**
4	Der erste Teil dieses Versuchs ist einfacher als die Versuche auf Arbeitsblatt 3. Wenn die Spule verwendet wird, wird der induzierte Strom erheblich verstärkt und ist somit leichter erkennbar. Den Schülern wird die Aufgabe gestellt, die Auswirkung der Bewegungsgeschwindigkeit auf die Größe des induzierten Stroms zu untersuchen. Lehrer können Schüler hierbei eventuell fragen, wie sie diesen Versuch angegangen sind. Der zweite Teil des Arbeitsblatts lässt sich schnell durcharbeiten, sollte aber ein paar Mal wiederholt werden, damit die Schüler wirklich verstehen, was passiert. Die Schüler müssen beide Projektile genau untersuchen und herausfinden, welches Projektil der Magnet ist, das Gewicht prüfen usw. Die Aufgabe an sich ist zwar sehr klein, aber die Erklärung ist sehr lang. Lehrer sollten die Erklärung stückchenweise vortragen und auf detaillierte Fragen zum Strom und der resultierenden Richtung der Kraft vorbereitet sein. Die Regeln von Fleming sollten zusammen mit dem *Reductio ad absurdum*-Argument über die Folgen der Kraft, die in die andere Richtung ausgeübt wird, angewendet werden. Die Bedeutung dieses Effekts für Automobil-Schüler liegt in seiner Anwendung für elektrische Verzögerer für Schwerfahrzeuge wie Busse und Züge. Das Ergebnis der Wirbelstrombremse ist Wärmeenergie. Eine Alternative ist die regenerative Bremsung, bei der die Bewegungsenergie in einer anderen Form (als Rotationsenergie in einem drehenden Schwungrad oder als elektrische Energie in einer Batterie) gespeichert wird. Schülern könnte die Aufgabe gestellt werden, sich näher mit diesen Optionen zu befassen. In der Formel 1 hat man sich beispielsweise am KERS (Kinetic Energy Recovery System, System zur Rückgewinnung kinetischer Energie) versucht.	**25 - 40 Minuten**

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Arbeitsplan

Motoren und Generatoren

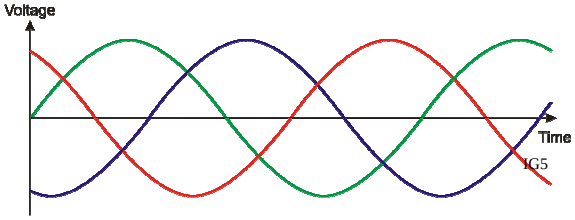
Arbeitsblatt	Hinweise für den Lehrer	Zeit
5	Transformatoren können als mysteriöse Objekte erscheinen. Das Ziel dieses Arbeitsblatts ist, sie als eine Erweiterung dessen vorzustellen, was zuvor betrachtet wurde. Wenn die Schüler akzeptieren können, dass Elektrizität erzeugt wird, wenn ein Magnet in eine Spule getaucht wird, dann dürften sie keine Schwierigkeiten mit dem Transformator haben. Der Magnet wird durch einen Elektromagneten ersetzt und die Bewegung durch ein sich bewegendes magnetisches Feld, das durch einen Wechselstrom erzeugt wird. Die Verwendung von Picoskopen und Signalgeneratoren kann jedoch Probleme verursachen und die Reihenfolge der Ereignisse verwischen, wenn Schüler nicht mit diesen Instrumenten vertraut sind. Lehrer sollten eventuell kurz etwas zu diesen Instrumenten sagen, damit diese Schwierigkeiten nicht aufkommen. Es ist nicht unbedingt für jeden Schüler offensichtlich, dass durch das Ein- und Ausschalten eines Gleichstrom-Elektromagneten ein bewegliches Magnetfeld erzeugt und hierdurch in der Sekundärspule ein Strom induziert wird. Lehrer sollten an dieser Stelle eventuell nachhaken, indem sie ihren Schülern entsprechende Fragen stellen.	**30 - 40 Minuten**
6	Auf diesem Arbeitsblatt geht es hauptsächlich um den Unterschied zwischen Aufwärts– und Abwärtstransformatoren. Einige Schüler haben kein Problem mit dem Konzept des „Abwärtstransformierens“, sind aber beim „Aufwärtstransformieren“ der Meinung, dass dies gegen die Gesetze der Natur geht, weil es so aussieht, als ob etwas aus dem Nichts entsteht. Das ist auch der Grund, warum wir uns bei diesem Versuch den Effekt auf den Strom und allgemeine Leistungsprobleme ansehen. Der hier verwendete Transformator ist viel effizienter als das primitive Gerät, das auf Arbeitsblatt 5 verwendet wurde, ist aber noch lange nicht ideal. Wir beginnen jetzt, die Beziehung zwischen dem Strom und dem Wicklungsverhältnis zu sehen. Der ideale Transformator verschwendet keine Energie, aber die Präsenz von Kühlrippen und Kühlmittelumlauf in Transformatoren in Umspannwerken zeigt, dass es schwer ist, einen idealen Transformator zu bauen. Schwierigkeiten liegen hier wahrscheinlich wieder beim Einsatz von Signalgeneratoren und Digitalmultimetern. Die Entscheidung, als Signalfrequenz 300 Hz zu wählen, ist rein pragmatisch – sie erzeugt eine effizientere Transformation. Etwas fortgeschritteneren Schülern kann die Aufgabe gestellt werden, die Wirkung der Frequenz zu untersuchen. Bei Lichtmaschinen in Autos ist die Situation komplizierter, weil mehrphasige Lichtmaschinen verwendet werden. Nicht alles ist einfach 50 Hz! In den Ergebnissen wird die Transformatorbeziehung eingeführt, was sehr gut hierhin passt, und das Problem des Aufwärts- und Abwärtstransformierens von Strom, was problematischer ist. Schüler erhalten die Aufgabe, den Einsatz eines Transformators zur Verringerung der Spannung mit dem Einsatz eines in Reihe geschalteten Widerstands zum Verringern der Spannung zu vergleichen. Der Transformator gewinnt jedes Mal!	**25 - 40 Minuten**

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Arbeitsplan

Motoren und Generatoren

Arbeitsblatt	Hinweise für den Lehrer	Zeit
7	Auf diesem Arbeitsblatt wird die Gleichrichtung (Umwandlung von Wechselstrom zu Gleichstrom) eingeführt. Eine Gleichrichtung kann auf mehrere Weisen erfolgen. Wir betrachten zwei dieser Weisen, und zwar die Einweggleichrichtung und die Graetz-Schaltung. Die Graetz-Schaltung wird auf Arbeitsblatt 8 behandelt. Auf diesem Arbeitsblatt geht es um die Einweggleichrichtung. Die Schüler müssen an die Bedeutung der Spannungs-/Zeitgraphen erinnert werden. Der Strom ändert nur dann seine Richtung, wenn der Graph die 0 V-Linie überquert. Wenn er die Linie nie überquert, ist der Strom Gleichstrom, aber nicht notwendigerweise ein gleichmäßiger Gleichstrom. Bei der Einweggleichrichtung wird die Tatsache genutzt, dass eine Diode nur in eine Richtung leitet, um so zu gewährleisten, dass der Strom durch den Verbraucher nie umgekehrt wird, also immer Gleichstrom ist. Die Gleichrichterschaltung ist einfach: einfach eine Diode in Reihe mit dem Verbraucher schalten. Sie ist allerdings nicht sehr effizient, da während des negativen Zyklus der Wechselstromwelle überhaupt kein Strom fließt. Ein Einweggleichrichter richtet nur die Hälfte der Wechselstromwelle gleich. Wenn das kein Problem darstellt, wird Einweggleichrichtung eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist das einfache Erhaltungsladegerät für Bleisäurebatterien, bei dem akzeptiert wird, dass der Ladevorgang einige Zeit dauern wird. Der Einweggleichrichter liefert keinen glatten Gleichstrom. Es liegt eine große Brummspannung (Variation in der Ausgangsspannung) vor. Diese kann erheblich reduziert werden, indem ein großer Kondensator parallel mit dem Verbraucher geschaltet wird. Um die Größe klein zu halten, ist dies in der Regel ein Elektrolytkondensator, und es muss folglich darauf geachtet werden, dass dieser richtig herum angeschlossen wird (wie in der Abbildung auf Seite 14 gezeigt). Die Ergebnisse zeigen auch, dass der Ausgang 0,7 V niedriger ist, weil die verfügbare Spannung zwischen der leitenden Diode und dem Verbraucher aufgeteilt wird.	
8	Thema dieses Arbeitsblatt ist die Graetz-Schaltung. Diese Schaltung nutzt sowohl den positiven als auch den negativen Halbzyklus der Wechselspannung. Durch den Verbraucher kann ständig ein Gleichstrom fließen, wodurch die Spannung effizienter genutzt wird. Der Nachteil dieser höheren Effizienz ist eine komplexere Schaltung. Um die Wechselspannung gleichzurichten, werden mindestens 4 Dioden eingesetzt. Lichtmaschinen in Autos geben oftmals Drehstrom (also effektiv 3 Wechselstromsignale) aus, die übereinander liegen, aber zeitlich versetzt sind. Die Lichtmaschine enthält drei unabhängige Gruppen von Spulen. Der drehende Elektromagnet erzeugt in jeder Spulengruppe ein getrenntes Wechselstromsignal. Dieses Prinzip ist in der folgenden Abbildung gezeigt.  In diesem Fall sind für die Graetz-Schaltung 6 Dioden erforderlich. Es ist wichtig, dass Schüler nicht versuchen, zwei Picoskop-Eingangskanäle zu verwenden, um gleichzeitig 2 Signale zu erfassen. Das äußere Gehäuse der BNC-Anschlüsse wird verbunden. Wenn 2 Eingänge verwendet werden und an unterschiedlichen Teilen einer Schaltung angeschlossen werden, können diese Teile kurzgeschlossen werden. Das wird auf Seite 17 mithilfe einer Abbildung einer Graetz-Schaltung erläutert, um das Problem zu verdeutlichen. Lehrer können dieses Problem aber auch mit den Schülern besprechen, da es auch Auswirkungen auf den Einsatz von Testinstrumententen hat.	

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Hinweise für Lehrer

Arbeitsplan

Motoren und Generatoren

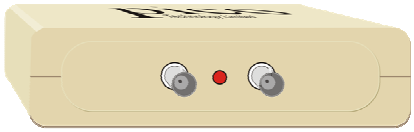
Arbeitsblatt	Hinweise für den Lehrer	Zeit
9	Bisher ging es um die Erzeugung von Elektrizität und die Transformation der Spannung, um sie gleichzurichten. Das letzte Thema ist die Bereitstellung der Spannung. In vielen Situationen wird eine konstante Spannung benötigt. Die Eingangsspannung am Generator kann schwanken, der Strombedarf kann schwanken, aber die Ausgangsspannung darf nicht schwanken. Es wird also ein Spannungsregler benötigt, der auf diesem Arbeitsblatt vorgestellt wird. Auf dem Arbeitsblatt wird das Verhalten der Zener-Diode beschrieben. Alle Halbleiterdioden weisen das gleiche Verhalten auf: sie leiten, wenn sie vorwärts vorgespannt sind, und sperren, wenn sie rückwärts vorgespannt sind (allerdings nicht von Anfang an). Alle Halbleiterdioden haben eine maximale Sperrspannung. Darüber hinaus brechen sie durch und leiten. Der Unterschied zu Zener-Dioden besteht darin, dass sie dazu ausgelegt sind, bei relativ niedrigen, aber sorgfältig definierten Spannungen durchzubrechen. Die Schüler befassen sich zunächst mit dem Strom-/Spannungsverhalten der Zener-Diode. Wenn die Diode vorwärts vorgespannt ist, ist das Ergebnis das gleiche wie bei jeder Siliziumdiode: ein vorwärtsgespannter Spannungsabfall von 0,7 V. Bei einer rückwärts vorgespannten Diode beginnt alles sehr logisch: es fließt zunächst kein Strom. Wenn die angelegte Spannung den Zenerdurchbruchwert erreicht (in diesem Fall 4,7 V), beginnt die Diode, zu leiten. Sehr bald leitet sie frei und der Spannungsabfall an ihr schwankt kaum, während der Strom größer wird. Genau dieses Verhalten wollen wir für einen Spannungsregler haben. Im nächsten Abschnitt wird die Funktionsweise einer Spannungsreglerschaltung erklärt, die an einem Einweggleichrichter angeschlossen ist. Tatsächlich wird hierbei nur das Verhalten der Zener-Diode ausgenutzt.	**30 - 45 Minuten**

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Verwendung des Picoskops

Motoren und Generatoren

Das Picoskop verwendet die gleichen Einstellungen wie ein Oszilloskop:



pico1

Zeitbasis:

- stellt die Skala auf der Zeitachse (Abszisse) ein
- verteilt den Graphen auf der Abszisse, wenn eine niedrigere Zahl verwendet wird

Spannungsempfindlichkeit:

- stellt die Skala auf der Spannungsachse (Ordinate) ein
- verteilt den Graphen auf der Ordinate, wenn eine niedrigere Zahl verwendet wird

Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DC):

- zeigt nur verschiedene Spannungen, wenn AC gewählt ist (und zentriert den Graphen vertikal auf 0 V)
- zeigt die echten Spannungswerte, wenn DC gewählt ist

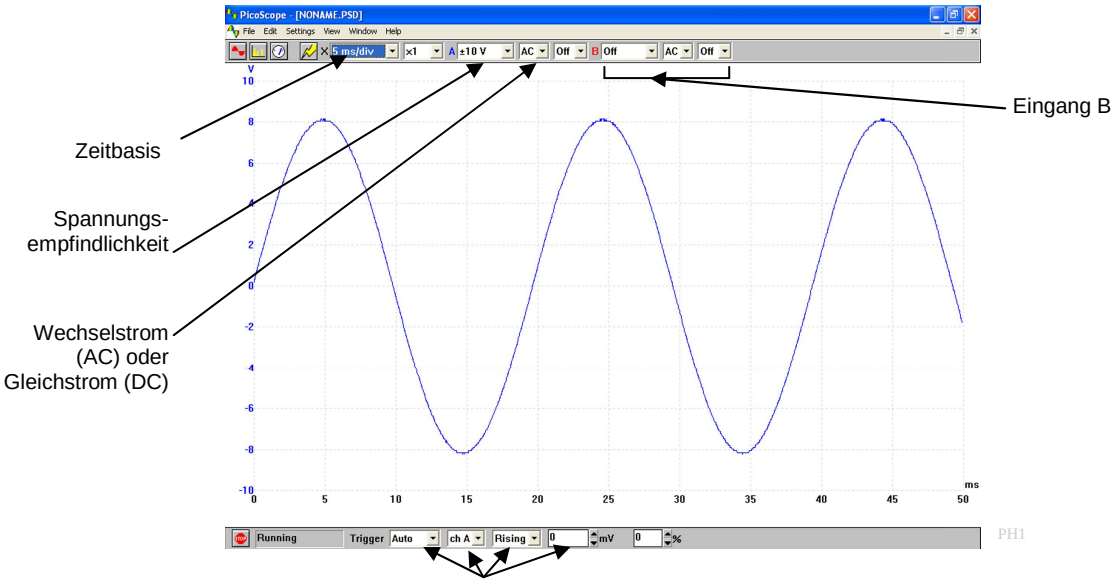
Trigger:

- entscheidet anhand des ausgewählten Signals, wann der nächste Impuls auf dem Graph eingetragen werden soll
- wartet, bis das Signal den Spannungswert erreicht, bevor es beginnt
- kann sein, wenn ein ansteigendes oder ein fallendes Signal den Spannungswert erreicht

Stop/Go:

- **Stop** bedeutet, dass der Graph „still steht“ (d. h. ein gespeichertes Ereignis anzeigt)
- Go bedeutet, dass der Graph Ereignisse in Echtzeit anzeigt
- Auf das Kästchen klicken, um zwischen Stop und Go zu wechseln

Die Einstellungen werden am Bildschirm über die Dropdown-Felder ausgewählt.

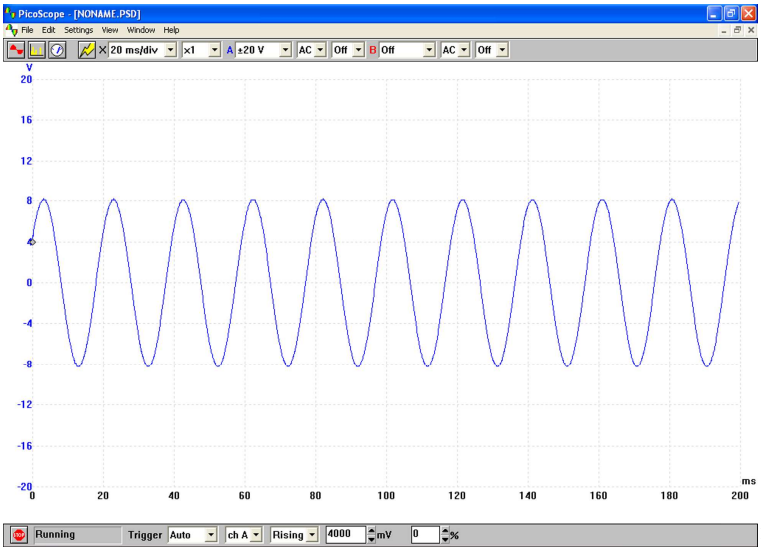


Trigger: wann/wie der Graph beginnt

In diesem Graph:
Zeitbasis = 5 ms/div, die Zeitskala (Abszisse) ist also in 5 ms-Zeitabstände unterteilt.
Spannungsempfindlichkeit = ±10 V, der maximal mögliche Spannungsbereich (Ordinate) ist also +10 V bis -10 V.
Trigger - Automatisch - Änderungen am Signal werden angezeigt, sobald sie auftreten
Kanal A - Betrachtet das Signal auf dem Kanal, um zu entscheiden, wann der Graph begonnen wird
Ansteigend - Wartet, bis eine ansteigende Spannung den Schwellenwert erreicht
Schwellenwert- 0 mV - Startet den Graphen, wenn das Signal auf Kanal A über 0 V ansteigt

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited

Mehr Picoskope-Graphen für *das gleiche Signal*:



PH2

In diesem Graph:

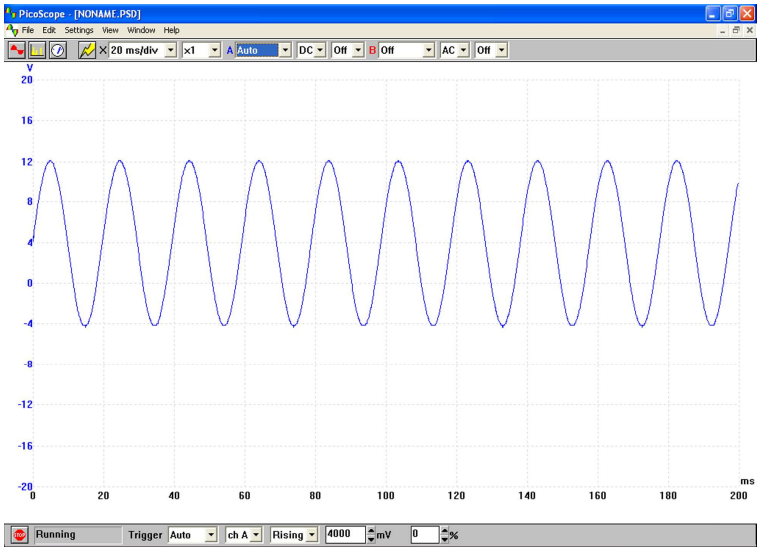
Zeitbasis = 20 ms/div,

- Die Zeitskala (Abszisse) ist in 20 ms-Zeitabstände unterteilt
- Der Graph ist horizontal „zusammengedrückt“, zeigt aber eine größere Zeitdauer

Spannungsempfindlichkeit = ±20 V,

- Der maximal mögliche Spannungsbereich (Ordinate) ist +20 V bis -20 V
- Der Graph ist vertikal „zusammengedrückt“, zeigt aber einen größeren möglichen Spannungsbereich

Trigger - jetzt 4000 mV, der Graph beginnt also erst, wenn das Signal auf Kanal A 4000 mV (4 V) erreicht



PH3

In diesem Graph:

Die Einstellungen sind identisch bis darauf, dass die Gleichstromoption (DC) gewählt wurde. Der Graph zeigt jetzt (zusätzlich zum Wechselstromsignal) an, dass es eine gleichmäßige Gleichstromkomponente von +4 V gibt. Der Graph ist vertikal bei 4 V, nicht 0 V zentriert. Die Wechselstromkomponente lässt ihn um ±8 V, also zwischen -4 V und +12 V, schwanken.

Copyright 2010 Matrix Multimedia Limited